Prof. Höfler

Zeitschrift
für den
Physikalischen und Chemischen Unterricht.

XXXV. Jahrgang. Zweites Heft. März 1922.

Alois Höfler †.

Alois Höfler ist nicht mehr! Dem Leben des rastlos Tätigen hat der Tod ein Ende gesetzt. Von einem Schlaganfall, der ihn im Januar betroffen, hat er sich nicht, wie die Seinen hofften, wieder erholt und ist am 26. Februar sanft entschlummert.

Höfler wurde am 6. April 1853 zu Kirchdorf in Oberösterreich geboren und hat nach Beendigung mathematischer, physikalischer und philosophischer Studien mehr als die Hälfte seiner übrigen Lebenszeit im Schuldienst an einem Wiener Gymnasium, der Theresianischen Akademie, zugebracht. Längst als philosophischer Schriftsteller, namentlich in Deutschland, anerkannt und seit 1895 als Privatdozent der Philosophie an der Wiener Universität tätig, wurde er erst 1903, im 51. Lebensjahr stehend, auf einen akademischen Lehrstuhl und zwar den für Pädagogik an der deutschen Universität Prag, von da 1907 auf den gleichen Lehrstuhl in Wien berufen. Die Wiener Akademie der Wissenschaften ernannte ihn 1910 zu ihrem korrespondierenden Mitgliede für das Fach der Philosophie. Aber bis gegen das Ende seines Lebens mußte er um das Recht kämpfen, auch philosophische Vorlesungen zu halten.

Unserer Zeitschrift hat Höfler von Anbeginn nahe gestanden. Das Wort von den humanistischen Aufgaben des physikalischen Unterrichts in der Einführung zum 1. Jahrgang hatte eine gleichgestimmte Saite seines Innern sympathisch berührt. Schon im Anfang des zweiten Jahrgangs brachte ein Aufsatz von ihm grundlegende Ausführungen über das gleiche Thema. Hier findet sich schon das oft angeführte Wort, daß im physikalischen Unterricht der Schüler an dem denkbar einfachsten Stoff die denkbar exaktesten Methoden geübt sieht. Dasselbe Thema machte er zum Gegenstand seiner Antrittsvorlesung in Prag (in Druck bei Friedrich Vieweg und Sohn 1904). Stets war sein Blick auf das Ganze der Bildungswerte gerichtet, die die Schule dem heranwachsenden Geschlecht zu überliefern hat. In diesem Geiste waren auch seine letzten Beiträge zu unserer Zeitschrift geschrieben, die Aufsätze über „Die Ideale des Realismus“ (1917) und „Zur physikalischen Didaktik und zur physikalischen Philosophie“ (1918). Von diesem hohen Standpunkte müssen auch seine übrigen Aufsätze über allgemeinere Unterrichtsfragen (wie VI 213, VIII 123, XVIII 1, XXII 209) bewertet werden. Und wo er speziellere Aufgaben der physikalischen Didaktik behandelt, ist sein Bestreben stets auf gedankliche Vertiefung und auf anschauliche Verdeutlichung gerichtet; die Zahl der Beiträge dieser Art ist zu groß, als daß sie hier angeführt werden könnten.

Unter seinen übrigen Leistungen für den Physikunterricht steht an erster Stelle sein großes Lehrbuch der Physik, dem er bereits von 1893—1900 zusammen mit seinem früh verstorbenen Freund E. Maiss Jahre angestrengtester Arbeit gewidmet hatte. Als es endlich 1904 erschien, war es über die Grenzen eines Schulbuchs weit hinausgewachsen und war insbesondere ein Buch für Lehrer geworden, denen es durch Klärung der Grundbegriffe, durch einen logischen und psychologischen Anhang und durch eine Auswahl geschickt ersonnener Leitaufgaben zu einem wertvollen Berater

geworden ist. Eine gekürzte Ausgabe hat als „Oberstufe der Naturlehre“ namentlich in reichsdeutscher Bearbeitung Anklang gefunden. Dankbar gedacht sei auch seiner Mitwirkung bei der Herausgabe der „didaktischen Handbücher für den realistischen Unterricht“, deren Programm und geistige Eigenart zum größten Teil sein Werk sind. Er selbst hat die Bände über Mathematik und Himmelskunde verfaßt; zwei andere Bände über philosophische Propädeutik und über das Verhältnis der realistischen Unterrichtsfächer zu den humanistischen harren noch der Drucklegung. Höchst verdienstvoll war auch die von ihm veranlaßte und bevorwortete, von der philosophischen Gesellschaft an der Universität zu Wien veranstaltete Ausgabe der „Vorreden und Einleitungen zu klassischen Werken der Mechanik“ (Leipzig, C. E. M. Pfeffer 1899).

Eine Reihe von Schriften ist ferner den Fragen der Mittelschulreform in Österreich gewidmet, um die er sich jahrzehntelang bemüht hat, ohne daß der österreichische Staat seinen Vorschlägen die gebührende Würdigung hat zuteil werden lassen. Sein Vermächtnis für die Neugestaltung des Schulwesens hat er niedergelegt in der Schrift „das Ganze der Schulreform in Österreich“ (Verlag A. Haase, 1918), die auch für Deutschland in hohem Grade Beachtung verdient.

Von seinen philosophischen Schriften seien zunächst diejenigen genannt, die sich auf das Grenzgebiet von Naturwissenschaft und Philosophie beziehen. Als Nachwort zu einem Neudruck von Kants Metaphysischen Anfangsgründen der Naturwissenschaft erschien die umfangreiche Schrift „Studien zur gegenwärtigen Philosophie der Mechanik“ (Leipzig, C. E. M. Pfeffer 1900). Auf Grund dieser Abhandlung hat die preußische Akademie der Wissenschaften ihm bald darauf die Herausgabe derselben Kantschrift für ihre große Gesamtausgabe übertragen. In das gleiche Gebiet fällt die Abhandlung „Zur gegenwärtigen Naturphilosophie“, die ein Sonderheft unserer Zeitschrift (1904) gebildet hat.

Seiner übrigen, im engeren Sinne philosophischen Schriften kann hier nur kurz Erwähnung geschehen. In den ersten Jahren seines Schuldienstes verfaßte er das, Logik und Psychologie umfassende, Lehrbuch der philosophischen Propädeutik für Schulen, dessen Eigenart darin bestand, daß es vielfach auf Mathematik und Naturwissenschaften Bezug nahm. Noch heute bildet es für Lehrer dieser Fächer die beste Einführung in das genannte Gebiet; Logik und Psychologie erschienen überdies in umfassenderen Sonderbearbeitungen, die namentlich in Deutschland viele Anerkennung fanden und seinen Ruf begründet haben. Neuausgaben beider Werke, durch den Krieg lange verzögert, beschäftigten ihn gerade in seiner letzten Lebenszeit und sind erst zum Teil vollendet. Ebenfalls unvollendet geblieben sind die Abhandlungen „Naturwissenschaft und Philosophie, Vier Studien zum Gestaltungsgesetz“, von denen die erste 1920 in den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften zu Wien (Philos. histor. Klasse Bd. 191) erschienen ist. Eine große Zahl seiner Veröffentlichungen bezieht sich ferner auf die von Meinong begründete Gegenstandstheorie als „allgemeinste apriorische Wissenschaft von idealen Gegenständen“ und auf die Metaphysik als „allgemeinste empirische Wissenschaft von realen Gegenständen“. Daß diese und die anderen von ihm gepflegten Einzeldisziplinen als Bestandstücke eines „immer voller zu erschauenden uud auszudenkenden Ganzen“ aufzufassen seien, war seine feste Überzeugung, mochte auch diese Zusammenfassung erst von einem Späterkommenden zu erwarten sein.

Wer nach einem ausführlicheren Bilde seines Lebensganges, seines Denkens und Schaffens verlangt, sei auf die von ihm selbst verfaßte Schilderung in dem Sammelwerk „Die deutsche Philosophie der Gegenwart in Selbstdarstellungen“ Bd. II (Leipzig, Felix Meiner 1921) verwiesen. Seine Verdienste um die Philosophie hat die Kantgesellschaft anerkannt, indem sie ihn (1920) zu ihrem Ehrenmitglied ernannte. Dabei hob sie hervor, daß sie in ihm den hauptsächlichsten Vertreter der Geistesverwandtschaft zwischen Deutschland und seinem Vaterlande erblicke. In dieser Eigenschaft

ist er auch 1903 nach dem Ausscheiden Ernst Machs Mitherausgeber unserer Zeitschrift geworden und hat auch hier auf die Pflege der geistigen Gemeinschaft zwischen den beiden stammverwandten Kulturvölkern hingewirkt.

Die im Vorstehenden gebotene Skizze seiner geistigen Betätigungen wäre unvollständig, wenn nicht auch seiner begeisterten Hingabe an die Musik und besonders an die Kunst Richard Wagners gedacht würde. In seinem Bildungsideal nahm die Kunst eine wesentliche Stelle ein; in ihr erkannte er ein wirksames Gegenmittel gegen das, was er die Seelenlosigkeit der heutigen Zivilisation nannte. In seiner reichbegabten Persönlichkeit vereinigte sich die Kraft angespanntesten Denkens mit leichter und fast unerschöpflicher Produktivität, unbegrenzter Mitteilungsdrang mit der Lust am Disputieren, nüchterner Wirklichkeitssinn mit feinstem Verständnis der Schöpfungen künstlerischer Phantasie, unendliche Güte des Herzens mit starker und tiefer Erregbarkeit in Freude und Leid, die ihm beide in übervollem Maß zugeteilt waren. Keiner traf mit ihm zusammen, ohne nachhaltige Eindrücke der einen oder andern Art von ihm zu empfangen. Wer ihm näher stand, ist sich bewußt, in ihm Unvergleichliches besessen, Unwiederbringliches verloren zu haben. P.

Einführung in das Gebiet der elektrischen Induktion.

Dem Begründer dieser Zeitschrift Dr. Friedrich Poske zu seinem 70. Geburtstage, dem 5. April 1922, zugeeignet

von **Friedrich C. G. Müller** in Berlin-Lichterfelde.

Die nachstehende Niederschrift soll wiedergeben, wie Verfasser in den letzten Jahren seiner Brandenburger Lehrtätigkeit den Abschnitt der elektrischen Induktion in zwei bis drei Lehrstunden einzuleiten pflegte. Vorher sind natürlich die andern Gebiete des Galvanismus, die Elektrostatik und die magnetischen Tatsachen und Theorien durchgenommen worden.

Der Verfasser hat den natürlichsten und zugleich kürzesten Weg eingeschlagen, indem er an die historische Entwicklung anknüpfend die Schüler von Problem zu Problem, von Entdeckung zu Entdeckung fortschreiten ließ — ein Weg, den auch Friedrich Poske in seiner Didaktik des physikalischen Unterrichts und anderwärts nachdrücklich empfohlen hat.

I. Die Grundtatsachen.

Beim Eintritt in das große, fruchtbare Reich der elektrischen Induktion soll uns, wie den Entdecker Faraday, die Idee von der Verwandtschaft und gegenseitigen Umwandelbarkeit der Naturkräfte leiten[1]). Elektrischer Strom erzeugt Magnetismus, voraussichtlich wird auch das Umgekehrte der Fall sein. Leiteten wir durch die Wicklung eines Elektromagneten Strom, so wurde der Eisenkern magnetisch; sollte nicht umgekehrt, wenn der Kern magnetisch gemacht wird, in der Wicklung eine elektromotorische Kraft entstehen?

1. Dies festzustellen verbinden wir die Wicklung mit der dickdrahtigen Rolle des in dieser Zeitschrift 32, 145 (1921) beschriebenenen Spiegelgalvanometers und machen den Kern dadurch magnetisch, daß wir ihn als Anker auf die Pole des großen Hufeisenmagneten setzen. Und wirklich fliegt die Lichtmarke des Galvanometers bis an den Rand der Skala. Aber der Strom hört sofort wieder auf. Um den Versuch nochmals anzustellen, ziehen wir den Elektromagneten wieder ab. Da zeigt sich etwas nicht Vorausgesehenes: Beim Aufhören des Magnetismus im Kern entsteht ebenfalls Strom, aber in entgegengesetzter Richtung. Bei wiederholtem Aufsetzen und Abreißen fließt in der Leitung ein sogenannter Wechselstrom. Auch beim bloßen Annähern

[1]) Vgl. F. Poske, Didaktik d. phys. Unterr., S. 384.

und Entfernen tritt dieselbe Erscheinung ein, allerdings erheblich schwächer. Selbstverständlich wird der Versuch ebenso verlaufen, wenn wir statt des geschlossenen Elektromagneten eine der früher benutzten Magnetisierungsspulen mit dem Galvanometer verbinden, einen Eisenstab hineinlegen und diesen mit dem Pol eines Stabmagneten berühren.

2. Hier liegt nun der Gedanke nahe, ob sich die Ströme in der Spule nicht auch ohne das Mittel des Eisenstabes, unmittelbar durch Hineinstecken oder Herausziehen eines Stahlmagneten erregen lassen. Tatsächlich entwickeln sich die Induktionsströme gerade so wie vorher. Vertauschen der Pole oder Umdrehen der Spule hat umgekehrte Stromrichtungen zur Folge. Man bemerkt ferner, daß schon beim Annähern des Pols die Nadel anfängt auszuschlagen. Auch wenn man mit dem Pol vor der Spulenöffnung hin und her fährt, entsteht Wechselstrom. Ebenso aber auch, wenn man die Spule vor dem ruhenden Magnetpol hin und her führt oder vor ihm in Drehung versetzt (das Urbild der Induktionsmaschine).

3. Hierbei drängt sich die Vermutung auf, daß nicht der Magnetstab als solcher, sondern das mit ihm verbundene Kraftfeld die Ursache der elektrischen Induktion ist. Diese Vermutung wird dadurch bestätigt, daß man eine flache Spule, z. B. die Spule des Weinhold schen Induktionsapparates zwischen die Pole des großen Hufeisenmagneten ein- und ausschiebt. Ja es genügt schon, die Spule im Erdfelde aus der Stellung der Inklinationsnadel in die Stellung senkrecht dazu hin und her zu drehen, um deutliche Ausschläge im Galvanometer hervorzurufen. Alle diese Versuche führen zu dem Ergebnis, daß in der Spule Strom entsteht, wenn die Zahl der von ihr umfaßten magnetischen Kraftlinien anwächst oder abnimmt. Nebenbei hat sich deutlich herausgestellt, daß die Stärke der induzierten Ströme stets der Schnelligkeit entspricht, mit der sich die Zahl der wirksamen Kraftlinien verändert.

4. Es ist früher bereits festgestellt worden, daß eine stromdurchflossene Spule von einem dichten Kraftlinienbündel durchsetzt ist. Also ist zu erwarten, daß eine solche Spule, in eine weitere Spule hineingebracht oder aus ihr herausgezogen, gerade so wie ein Magnetstab Induktionsströme hervorruft (Voltainduktion). Auch kann sie ruhend in der Sekundärspule verbleiben und das Entstehen und Vergehen des induzierenden Kraftfeldes durch Schließen und Öffnen des primären Stromes bewirkt werden. Dabei wird die Wirkung weit stärker ausfallen als beim bloßen Ein- und Ausschieben, weil das Anwachsen und Verschwinden des Kraftlinienbündels in ungeheuer kurzer Zeit vor sich geht.

Bringen wir in die leere Primärspule obendrein einen Eisenkern, so wird die Dichte des Kraftlinienbündels vervielfacht und infolgedessen auch die Wirkung auf die Sekundärspule. Damit ergibt sich das Urbild des bekannten, schlechtweg als Induktor bezeichneten Apparates.

5. Hinsichtlich der Abhängigkeit der Induktion von der Windungszahl muß für die Induktionsrolle das Multiplikatorprinzip in gleicher Weise gültig sein, wie beim Galvanometer und beim Elektromagneten. Zur Nachprüfung schalten wir statt der Spule einen längeren isolierten Draht in den Galvanometerkreis und schlingen davon zunächst eine, dann beliebig mehrere Windungen um die Primärrolle. Bei einer einzigen Windung erfolgt nur ein winziger Ausschlag, der sich aber mit der Zahl der weiter herumgelegten Windungen gleichmäßig vergrößert.

6. Hier ist der Ort nachdrücklich darauf hinzuweisen, daß der geheimnisvolle Induktionsvorgang lediglich in der Erweckung einer elektromotorischen Kraft besteht, die, gerade wie beim galvanischen Elemente, als Klemmspannung in Erscheinung tritt und mittels des Quadrantelektrometers gemessen werden kann. Der Strom im geschlossenen Leiterkreise hingegen ist Folgeerscheinung und seine Stärke richtet sich nach dem Ohmschen Gesetz. So kann in einem dicken Kupferringe unter Einwirkung eines Magneten oder einer Primärspule ein Strom von vielen Ampere zustande kommen, während eine Spule mit tausend Windungen feinen Drahts das Galvanometer nur

mäßig beeinflußt, aber zugeschaltete große Widerstände wirksam überwindet. Die starke physiologische Wirkung wird uns sehr nachdrücklich vom Vorhandensein hochgespannter Induktionskräfte überzeugen. Bei großen Apparaten mit vielen tausend Sekundärwindungen geben die Entladungsfunken einen Maßstab für die Größe der erreichbaren Spannung.

7. Als Ergänzung der vorhergehenden Untersuchungen kann die Betrachtung des von Faraday erfundenen Ringtransformators[1]) dienen, der lehrreicher und technologisch wichtiger ist, als die Apparate mit offenem Magnetkreise: Bei meinem Modell sind auf einen 12 cm weiten Schmiedeeisenring vom Querschnitt 1:2 cm zwei Holzspulen verschiebbar angeordnet, deren jede aus zwei Halbspulen zusammengesetzt, und von denen die eine mit zwei Lagen 1 mm-Draht, die andere mit sechs Lagen 0,5 mm-Draht bewickelt ist. Erstere wird mittels Ruhmkorff-Kommutator in den Stromkreis eines Akkumulators geschaltet, die andere mit dem Vertikalgalvanometer verbunden.

Beim bloßen Schließen und Öffnen des Primärstroms gibt der Apparat nur schwache Induktionsströme. Aber beim Kommutieren schlägt das Galvanometer sehr kräftig aus. Denn beim bloßen Aufhören der magnetisierenden Kraft bleibt ja, wie früher festgestellt, die Mehrzahl der Kraftlinien im Ringe hängen. Besondere Beachtung verdient, daß es keinen merklichen Unterschied macht, ob die beiden Spulen dicht nebeneinander oder einander gegenübergestellt werden. Alle Kraftlinien bleiben also ohne Streuung auf der bequemen Bahn des Eisenrings.

8. Obgleich sich bei Induktionsversuchen zunächst nur der Richtungsgegensatz der beiden Ströme praktisch geltend macht, zeigt sich nunmehr auch das wissenschaftliche Bedürfnis, das absolute Richtungsgesetz für den einzelnen Strom festzustellen. Jeder der vorangegangenen Versuche könnte Aufklärung geben; indessen die verwendeten Spulen lassen den Windungssinn nur in der Nähe erkennen. Wir bedienen uns besser eines locker gewundenen kräftigen Schraubendrahts aus Kupfer oder Messing mit 20—30 Windungen von etwa 5 cm Weite, der mit dem Spiegelgalvanometer verbunden wird. Der eine Zuleiter ist markiert, und es wurde früher ein für alle Male festgestellt, daß das Galvanometer nach rechts ausschlägt, wenn der Strom durch diesen Draht eintritt. Schieben wir nunmehr das Nordende eines kräftigen Magneten schnell in die Spirale, so zeigt sich, daß der induzierte Strom für den in der Bewegungsrichtung blickenden Beobachter die Windungen entgegen dem Uhrzeigersinn durchfließt. Daraus die Regel: In der Richtung der induzierenden Kraftlinien gesehen, läuft der Anstrom links, der Abstrom rechts durch den Leiterkreis.

Dieses Gesetz birgt nun einen zuerst von Lenz erkannten tieferen Sinn. Nach der Ampereschen Regel wirkt der Anstrom zurücktreibend auf den eindringenden Pol, der Abstrom hingegen hineinziehend. Allgemein sind die Induktionsströme immer so gerichtet, daß sie dem Anwachsen oder Abnehmen des erzeugenden Feldes entgegenwirken. Beim Vor- und Zurückbewegen des Magneten muß also mechanische Arbeit geleistet werden. Nichts liegt näher als die Annahme, daß die erzeugte Stromenergie der verrichteten Arbeit äquivalent ist und daß alle Induktionsgesetze in Übereinstimmung sind mit dem Satz von der Erhaltung der Energie. Die Richtigkeit dieser Annahme wird sich in den folgenden Abschnitten vollauf bestätigen. Aber es bleibt wohl zu beachten, daß die Induktionsgesetze, wie die Kenntnis vom Dasein der Induktion überhaupt, nur auf dem Erfahrungswege gewonnen worden sind. Eine Herleitung a priori aus dem aus der Mechanik und der Wärmelehre hervorgegangenen Satze von der Erhaltung der Energie ist unmöglich, wenn auch manche Bücher und Lehrer es auf dem Wege des Zirkelschlusses fertig bringen[2]).

[1]) Vgl. Poske, Oberstufe der Naturlehre. § 141, 2.
[2]) Man vgl. auch F. Poske Didaktik des phys. Unterr. S. 388.

9. Zum Beschluß unserer ersten Erkundungsfahrt in das Gebiet der Induktion liegt es uns noch ob, das erschaute Grundgesetz in eine knappe mathematische Formel zu bringen. Sei z die Zahl der von einem Leiter umfaßten Kraftlinien, $\triangle z$ deren Zuwachs in einem Zeitteilchen $\triangle t$, dann wird $\triangle z/\triangle t$ bestimmend für die Größe der erweckten elektromotorischen Kraft ε sein. Die denkbar einfachste Beziehung wird ausgedrückt durch die Gleichung $\varepsilon = \triangle z/\triangle t$. Bei n gleichen Windungen wird dieser Wert noch mit n multipliziert werden müssen. Daß diese Gleichung tatsächlich zu Recht besteht, wird durch genaue messende Versuche mittels des Erdinduktors erwiesen werden. —

Welchen Lehrer sollte es nicht befriedigen, auf dem angegebenen natürlichen Wege mit einfachen, den Schülern längst bekannten Hilfsmitteln, unter Ausblicken auf die großartigsten Schöpfungen der Elektrotechnik, in schlüssiger und fesselnder Weise das große Kapitel der Induktion einleiten zu können? Und dennoch konnte didaktische Modelaune sich auf einen blind endigenden Abweg verirren. Das ganz vereinsamte Experiment mit den zwischen den Polen eines Hufeisenmagneten schaukelnden Draht bildet für sie den Ausgangspunkt. Schneiden von Kraftlinien wird Leitgedanke; statt einer das primäre Kraftlinienbündel umfassenden Spule, ein sich quer davor kurbelartig bewegender Schneidedraht; statt der einfachen alten Uhrzeigerregel die ausgeklügelte Hand-Regel, die auch der lebhaftesten Raumphantasie spottet und zeichnerisch unverwendbar ist.

II. Der Erdinduktor.

Zur quantitativen Bestätigung des Induktionsgrundgesetzes dient seit den klassischen Arbeiten Wilhhlm Webers in erster Linie der Erdinduktor. Nur das Erdfeld ist homogen und nach Richtung und Stärke selbst vor der Klasse genau bestimmbar. Alle künstlichen Felder, namentlich auch das eines Kreisstromes, entsprechen dieser notwendigen Bedingung nicht. Das Erdfeld ist freilich nur schwach und verlangt auch bei Verwendung des beschriebenen schulmäßigen Lichtzeiger-Galvanometers ziemlich große Induktionsspulen. Verf. hat dem Erdinduktor, der auf höheren Schulen seiner wissenschaftlichen Bedeutung wegen nicht nur besprochen, sondern vorgeführt werden muß, die nachstehende für Demonstrationen und Schülerübungen bestimmte Einrichtung gegeben, und die Firma Max Kohl hat es sich angelegen sein lassen, für eine schöne und gute Ausführung zu sorgen (Fig. 1.) Die Wicklung liegt, nicht wie bisher üblich, in vielen Lagen auf einer schmalen Ringspule, sondern in einer einzigen Lage auf einer Holztrommel von 16 cm Durchmesser und Länge, so daß die Windungszahl und Windungsweite von den Schülern leicht bestimmt werden können. Der Durchmesser ist so gewählt, daß die Fläche einer Windung möglichst genau 200 qcm beträgt, was sich dadurch kontrollieren läßt, daß man um das unbelegte Trommelende den nämlichen 0,5 mm-Draht einige Male wickelt, und nachher seine Länge mißt; es müssen 50,4 cm auf eine Windung gehen.

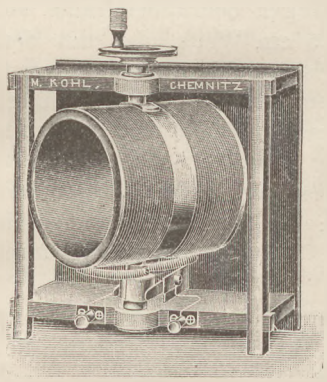


Fig. 1.

Die quer durch die Trommelmitte gehende Drehungsache ist auf dem Rande eines nach vorn offenen Kastens gelagert. Eine Stufenscheibe mit Griff dient zur Umdrehung. Die Wechselebene des Kommutators liegt der Hinterebene des Kastens parallel. Dadurch, daß man den Kasten entweder auf das Achsenende oder auf die Seite stellt unter gleichzeitiger Richtung nach dem magnetischen Meridian, kommt die horizontale oder vertikale Komponente des Erdfeldes zur Wirkung. Rotiert der Induktor mit gleicher Geschwindigkeit in der einen oder in der anderen Haupt-

stellung, so ist der Quotient der beiden Galvanometerangaben gleich dem Tangens der Inklination.

Auch fertigt man sich ein schräges Bänkchen, das, auf den Tisch gestellt, eine Ebene bildet, die um das Komplement der Inklination geneigt ist. Wird der Induktor so darauf gestellt, daß die Welle in die Richtung der Inklinationsnadel fällt, so gibt er auch beim schnellsten Drehen keinen Strom, bringt man hingegen die Welle in die dazu senkrechte Lage, so kommt die Gesamtintensität des Erdfeldes zur Wirkung.

Zur Strommessung wird unser Spiegelgalvanometer mit Rolle II verwendet und seine Empfindlichkeit, wie früher beschrieben, auf 10^{-5} Amp. für 1 cm Ausschlag eingestellt.

Die Drehung geschieht mit der Hand nach dem lautschlagenden Sekundenpendel. Wegen des bedeutenden Trägheitsmoments der Trommel ist es leicht, eine gleichmäßige Geschwindigkeit innezuhalten. Die Umdrehungszahl drei kann noch gut herausgebracht werden. Die Schüler sehen und hören an dem Schleifgeräusch die Übereinstimmung mit den Pendelschlägen. Bei 1, 2, 3 Umdrehungen verhalten sich die Galvanometerausschläge genau wie diese Zahlen. Noch wichtiger ist, daß auch die absoluten Werte der Ausschläge den aus der Formel $\varepsilon = \triangle z / \triangle t \cdot n$ berechneten gleich sind. $\triangle t$ ist natürlich gleich einem Viertel der Umdrehungszeit, $\triangle z$ gleich der Vollzahl der umfaßten Kraftlinien. Innerhalb einer Viertelumdrehung ändert sich dz/dt freilich sinusartig. Als bestimmtes Beispiel mögen die letzten in Brandenburg vor der Prima erhaltenen Ergebnisse hier Platz finden. Unser Induktor hat 197 Windungen. Der Gesamtwiderstand des Stromkreises war kurz vorher nach der Brückenmethode zu 12,45 Ohm bestimmt. Die Horizontalintensität ist 0,158, die Inklination 70,5°. Die Umdrehungszahl 3. Dann berechnet sich aus diesen Daten:

$$J_H = 0{,}158 \cdot 200 \cdot 197 \cdot 12 \cdot 10^{-8} / 12{,}45 = 6{,}03 \cdot 10^{-5} \text{ Amp.}$$

$$J_V = 0{,}454 \cdot 200 \cdot 197 \cdot 12 \cdot 10^{-8} / 12{,}45 = 17{,}2 \cdot 10^{-5} \text{ Amp.}$$

Beobachtet wurden die Ausschläge 6,1 und 17,5. Der Quotient $17{,}5/6{,}1 = tg \cdot 70^0{,}8$ liefert den genauen Wert der Inklination.

Das wichtigste Ergebnis für den Unterricht ist die Erkenntnis, daß der Erdinduktor eine unmittelbare Bestimmung einer elektromotorischen Kraft in absolutem elektromagnetischen Maß ermöglicht. In einem früheren Abschnitt erhielten wir durch Messung der Stromwärme ein Mittel zur ungefähren Feststellung der absoluten Einheiten für Spannung und Widerstand. Der neue, ungleich sicherere Weg führt zu den gleichen Werten. Die Induktionserscheinungen fügen sich alle wundervoll in den Rahmen des Satzes von der Erhaltung der Energie. Der Urgrund der Induktion bleibt freilich dennoch ein Rätsel.

Eine neue Methode zur Untersuchung der Fallgesetze und zur Bestimmung der Beschleunigung des freien Falles.

Dem Herausgeber der Zeitschrift Herrn Professor Dr. Friedrich Poske zum 70. Geburtstage in Verehrung gewidmet

von

Dr. Erich Günther in Dresden.

1. Einleitung.

„Die Physik als Unterrichtsgegenstand ist so zu betreiben, daß sie als Vorbild für die Art, wie überhaupt im Bereiche der Erfahrungswissenschaft Erkenntnis gewonnen wird, dienen kann.“ Mit diesen Worten hat Friedrich Poske in den Meraner Vorschlägen Ziel und Methode des physikalischen Unterrichts bezeichnet; und sein bisheriges Lebenswerk, wie es in den 34 Jahrgängen dieser Zeitschrift und seinem

Handbuch der Didaktik des physikalischen Unterrichts vor uns liegt, gipfelt schließlich in diesem Gedanken.

So ist es mir eine große Freude ihm zum 70. Geburtstag diese Arbeit widmen zu können, die aus dem Gedanken heraus entstanden ist, einen neuen Weg zum gleichen Ziele einzuschlagen. Seit Jahren habe ich den Versuch gemacht, die letzte Stufe des physikalischen Unterrichts derart zu gestalten, daß ein aus dem Unterricht herausgewachsenes Problem an die Spitze der weiteren Betrachtungen gestellt und von Lehrer und Schülern in gemeinsamer Arbeit experimentell und theoretisch bearbeitet wird. Poske charakterisiert diese Methode ganz allgemein mit dem Wort „Problemphysik“ (Didaktik des physikalischen Unterrichts, S. 42). In besonderer Weise glaube ich aber diesen Gedanken dadurch verwirklicht zu haben, daß ich ein noch nicht bearbeitetes Problem als Ausgangspunkt wähle, so daß auch der Lehrer von vornherein den Weg der Lösung und das Ergebnis nicht kennt, wodurch scholastische Tradition zwangläufig ausgeschaltet und das Wesen physikalischer Forschung für Lehrer und Schüler immer von neuem zum beglückenden Erlebnis wird. Die meisten meiner in dieser Zeitschrift veröffentlichten Arbeiten sind auf diesem Wege entstanden. Und damit das Eigenartige der Methode gekennzeichnet werde, möchte ich ihr, schon um des deutschen Wortes willen, den Namen „Forschungsunterricht“ geben; denn durch diese Unterrichtsform scheint mir der eingangs zitierte Gedanke lebensvoll erfaßt zu werden: Gemeinsames Forschen von Lehrer und Schülern ist sein Prinzip. Das Wort soll nicht den Gedanken an die Möglichkeit erwecken, als könne „Forschen“ von jedem gelernt oder jedem gelehrt werden; nicht ein neues Unterrichtsziel, sondern eine neue Methode soll aufgestellt, nicht eine materiale Erweiterung, sondern eine formale Vertiefung des Unterrichts soll angestrebt werden.

Einzelheiten der Methode anzugeben, kann ich mir hier versagen; soll doch die folgende Abhandlung über die „Fallgesetze“ als Beispiel allgemeine Betrachtungen ersetzen. Klar ist, daß es sich um eine Form modernen, echten Arbeitsunterrichts handelt. Der eigene Gedanke des Schülers, vom Lehrer nur unmerklich geleitet, tritt in den Vordergrund. Gemeinsame Aussprachen und kleinere Arbeitsgruppen in der Klasse spielen eine besondere Rolle. Versuchsanordnungen werden von den Schülern gemeinsam ersonnen, notwendige Apparate von ihnen möglichst selbständig hergestellt. Konstruktionszeichnungen, schriftliche Berichte, Berechnungen experimenteller Ergebnisse, Auswertungen von Kurven werden von allen verbindlich geliefert. Die verschiedenen Naturen und Veranlagungen kommen zu ihrem Rechte: Die technischen, die konstruktiven, die zeichnerischen, die mathematischen, die mit besonderer Handfertigkeit, mit besonderer Erfindungs- oder Beobachtungsgabe ausgestatteten. Alle wirken sie zusammen, um das Problem schließlich zur glücklichen Lösung zu bringen.

Um den Gewinn eines in solcher Weise durchgeführten Arbeitsunterrichts recht beurteilen zu können, muß man ihn schon selbst einmal erlebt haben. Es ist überraschend, gerade auch für den Lehrer, welche Fülle von Anregungen, von eigenen und eigenartigen Gedanken dabei zutage tritt, wie das Interesse, die Beteiligung, die Arbeitslust, wie Quantität und Qualität der geleisteten Arbeit zunimmt. Aber freilich, auch hier läßt sich, wie fast immer in der Pädagogik, das Letzte, Wesentliche nicht in das Schema bringen. Die Persönlichkeit des Lehrers, der bei dieser Methode so ganz besonders Führer sein und trotzdem hinter der Aufgabe ganz zurücktreten muß, der alle Kräfte wecken muß, ohne daß sein Einfluß sich aufdrängt, wird auch hier am Ende das Entscheidende sein.

2. Problemstellung und Methode.

Vor einiger Zeit habe ich in dieser Zeitschrift (*32, 198*; *1919*) eine Methode zur Bestimmung der Anfangsgeschwindigkeit von Geschossen bekannt gegeben, die in

gewissem Sinne an die Bradleysche Methode zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit erinnert: Eine rasch rotierende Trommel wird senkrecht zur Trommelachse durchschossen; während bei ruhender Trommel Einschuß- und Ausschußstelle Endpunkte eines Trommeldurchmessers bilden, erscheint die Ausschußstelle bei rotierender Trommel gegen den Drehsinn verschoben; aus der Größe der Verschiebung, der Tourenzahl und dem Durchmesser der Trommel läßt sich die Geschoßgeschwindigkeit berechnen. Denkt man sich durch Einschuß- und Ausschußpunkt eine Ebene, senkrecht zur Trommelachse gelegt, so kann man nach der Bahn des Geschosses relativ zu dieser, mit der Trommel rotierenden Ebene fragen; da die Geschoßbewegung auf der kurzen Strecke als geradlinig und gleichförmig angenommen werden kann, so ergibt sich für die Geschoßbahn eine Archimedische Spirale, die durch den Drehpunkt der rotierenden Ebene hindurchgeht. Bei der zitierten Methode genügt die Verwendung von zwei Punkten der Spirale. Nahe liegt nun der Gedanke die Bahn irgendwie geradlinig bewegter Körper relativ zu einer rotierenden Scheibe derart zu untersuchen, daß der bewegte Körper mit einem Schreibstift versehen wird und so selbsttätig seine Bahn aufzeichnet. Bei ruhender Scheibe würde ein Scheibendurchmesser aufgezeichnet werden. Ein materieller Schreibstift und die damit verbundene unter Umständen schädliche Reibung kann vermieden werden, wenn man zur photographischen Registrierung übergeht.

Nächst der gleichförmigen Bewegung bot sich nun als besonders interessant die gleichmäßig beschleunigte Bewegung zur Untersuchung in der angegebenen Weise dar. Damit ist das Problem der vorliegenden Arbeit umschrieben: Ein in Führungschienen möglichst reibungsfrei herabfallender Körper zeichnet die Weg-Zeit-Kurve des freien Falles auf eine senkrechte um eine horizontale Achse rotierende Scheibe auf. Was für eine Kurve wird hierbei beschrieben? Und kann man aus dieser Kurve das Weg-Zeit-Gesetz des freien Falls ermitteln, sowie darüber hinaus das Geschwindigkeits- und das Beschleunigungsgesetz, endlich auch die Größe der Fallbeschleunigung gewinnen? Die experimentellen Hilfsmittel sind nicht schwierig zu beschaffen und zu handhaben, die mathematische Seite ist interessant und leicht zu bewältigen. Wenn die Anordnung einmal aufgebaut ist, spielt sich der Versuch und die Berechnung des Endergebnisses in kurzer Zeit ab. Damit ist, glaube ich, für das vorgelegte Problem eine Methode geschaffen, die allen Anforderungen entspricht und überdies die meisten bisher verwendeten Methoden zur Untersuchung des freien Falls an Einfachheit und Genauigkeit übertrifft.

Die Methode bildet das Gegenstück zu dem bekannten Verfahren von Morin[1]), das als klassisch in die großen Lehrbücher der Physik übergegangen ist. Dabei registriert ein mit Schreibstift versehener Fallkörper, dessen senkrechter Fall durch zwei vertikal gespannte Führungsdrähte erzwungen wird, das Weg-Zeit-Gesetz auf dem Mantel eines um seine vertikale Achse rotierenden Zylinders; die aufgezeichnete Kurve ist natürlich, wenn der Zylindermantel komplaniert wird, eine Parabel. Die Rotation des Zylinders wird durch Schnur und Gewicht hervorgerufen und durch aufgesetzte Luftflügel gleichförmig abgebremst. Der Schritt von der Morinschen zu der von mir angegebenen Methode ist also derselbe, der vom Phonographen mit rotierendem Zylinder zum Grammophon mit rotierender Scheibe geführt hat, d. h. es handelt sich um den Übergang vom rechtwinkligen zum Polarkoordinatensystem.

Die experimentelle Schwierigkeit liegt für Morin abgesehen von dem Mangel einer Kontrolle für die Gleichförmigkeit der Rotation des Zylinders in der genauen Messung der Tourenzahl, also wie bei den meisten Methoden zur Untersuchung des freien Falles in der genauen, absoluten Zeitmessung. Ich habe nicht ausfindig machen können, ob Morin wirklich mit seiner Fallmaschine einen brauchbaren absoluten Wert

[1]) Morin, Mémoires des savants étrangers VI, 641, 1838; vergl. z. B. auch Chwolson, Lehrbuch der Physik 2. Aufl. 1918 I, 1 S. 354.

für die Fallbeschleunigung gefunden hat, oder ob er aus seiner Kurve nur die Beziehung der Proportionalität zwischen dem Weg und dem Zeitquadrat ohne Rücksicht auf die Größe des Proportionalitätsfaktors entnommen hat.

Die Schwierigkeit der genauen, absoluten Zeitmessung überwinde ich durch Anwendung der von mir angegebenen Methode zur Bestimmung von Tourenzahlen auf stroboskopischem Wege unter Zuhilfenahme von Wechselstrombogenlicht[1]). Die Registrierscheibe wird mit einem Stern von 20 regelmäßig verteilten, schwarzen, aufgemalten Sektoren versehen und während der Rotation mit Wechselstrombogenlicht beleuchtet. Bei der Tourenzahl $n = \frac{100}{20} = 5$ erscheint ein ruhig stehender stroboskopischer Stern. Damit ist die Tourenzahl sehr genau bestimmt; der ruhig stehende Stern gibt gleichzeitig eine gute Kontrolle für die Gleichförmigkeit der Scheibenrotation ab. Die Verwendung dieser Methode ist wegen ihrer Anschaulichkeit für Unterrichtszwecke besonders günstig. Da aber an vielen Orten Wechselstrom fehlt, möchte ich für den vorliegenden Fall noch eine andere, akustische Methode zur Bestimmung der Tourenzahl empfehlen[2]). Der Rand der Registrierscheibe wird mit einem Kranz von 87 gleichmäßig verteilten Löchern versehen, die sich mit einem Locheisen bequem aus einer Kartonscheibe herausstanzen lassen. Während der Rotation wird diese Lochsirene mit einem Luftstrom durch eine Düse angeblasen und die Tourenzahl so reguliert, daß man den Kammerton ā mit 435 Schwingungen in der Sekunde erhält, was sich durch Vergleich mit einer Normalstimmgabel leicht und wieder für das ganze Auditorium in objektiver Weise erreichen läßt. Die Tourenzahl ist dann ebenfalls sehr genau $n = \frac{435}{87} = 5$.

3. Experimenteller Teil.

Die Versuchsanordnung zeigt Fig. 1 schematisch und zwar von der Seite gesehen. A ist der Elektromotor mit der auf seiner Achse befestigten Registrierscheibe BC. Der Fallapparat ist durch das Fallgewicht F mit dem Schreibstift G und den einen der beiden Führungsdrähte DE angedeutet. H stellt den zur Erzeugung des stroboskopischen Sternes notwendigen Lichtbogen, der in einer kleinen Krüss schen Bogenlampe brennt, dar.

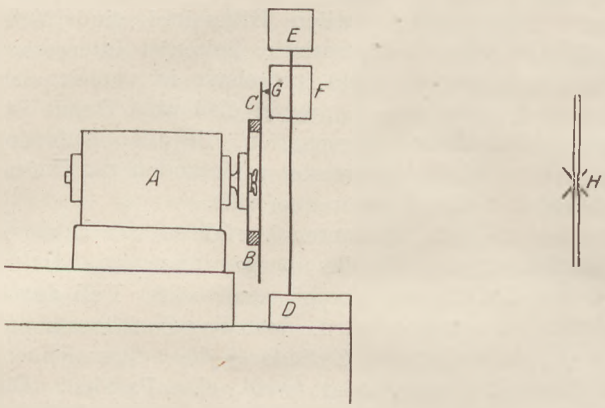


Fig. 1 (~ 1 : 12).

Die genaue Konstruktion des Fallapparats ersieht man aus Fig. 2. Er besteht aus einem soliden, quadratischen Rahmen von 50 cm Seitenlänge, der aus kräftigen, 5 cm breiten Holzleisten von ebenfalls quadratischem Querschnitt, fest verschraubt und verleimt, zusammengesetzt ist; die Basisleiste ist durch eine zweite, ebenso kräftige Leiste verstärkt und um das Doppelte verbreitert. Symmetrisch zur Mitte, parallel zu einander im Abstande von 7,5 cm sind senkrecht die

[1]) E. Günther, Über die Verwendung stroboskopischer Erscheinungen im Wechselstrombogenlicht zur Festlegung von Umdrehungszahlen und zur Messung sehr kleiner Zeiten; diese Zeitschr. 34, 112 (1921); sowie Physikalische Zeitschrift 22, 369 (1921).

[2]) Ein rein optisches stroboskopisches Verfahren verwandter Art hat F. Poske in seiner Dissertation „Über die Bestimmung der absoluten Schwingungszahl eines Tones und die Abhängigkeit der Tonhöhe von der Amplitude“ benutzt. Die Abhandlung ist in Pogg. Ann. d. Phys. und Chemie Bd. 152, 448 (1874) veröffentlicht.

beiden Führungsschienen AB und CD des Fallgewichtes eingesetzt, die aus zwei runden Stahlstäben von 0,5 cm Durchmesser gebildet werden; ihre Befestigung erfolgt oben und unten durch zwei an den Holzrahmen angeschraubte rechteckige Eisenplatten AC und BD, die mit Durchbohrungen versehen sind, durch die die Führungsstäbe hindurchgehen; der Abstand dieser Durchbohrungen muss bei beiden Platten sehr genau gleich sein, damit die Führungsstäbe gut parallel laufen.

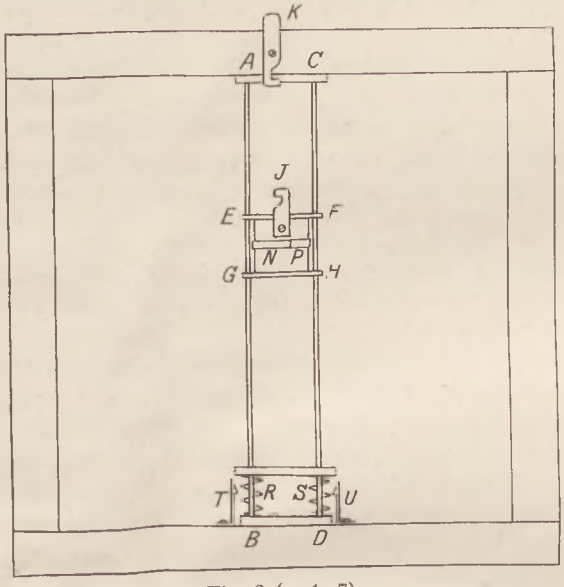


Fig. 2 (~ 1 : 7).

Das Fallgewicht (Fig. 2 ÷ 5) wird durch ein 6 cm langes, starkwandiges Stück Eisenrohr von 6 cm Durchmesser gebildet, das mit Blei ausgegossen ist und etwa 1,75 kg wiegt. Oben und unten ist auf das Fallgewicht je eine ebenfalls rechteckige Eisenplatte EF und GH aufgeschraubt, die mit Durchbohrungen versehen sind, durch die die Führungsschienen sehr genau passend und doch so, dass das Gewicht gut gleitet, hindurchgehen; diese Stelle ist der kritischste Teil der ganzen Anordnung; hier muß bei der Herstellung die äußerste Sorgfalt angewendet werden, damit der durch Reibung an dieser Stelle auftretende Fehler möglichst herabgesetzt wird; ganz läßt er sich wohl kaum vermeiden. Natürlich müssen die Fallschienen gut geölt werden. Zum Festhalten des Gewichtes am oberen Ende der Fallstrecke vor Beginn des Versuchs dient ein kräftiger, eiserner Hebel K (Fig. 2), der an der oberen Leiste in der Mitte um eine

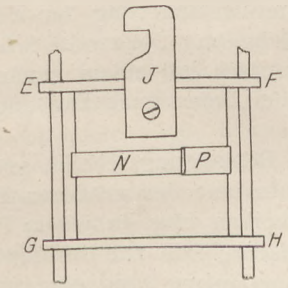


Fig. 3 (2 : 5).

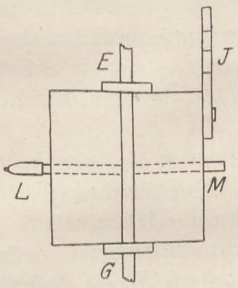


Fig. 4 (2 : 5).

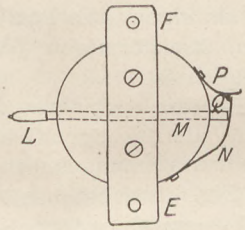


Fig. 5 (2 : 5).

Achse drehbar befestigt und am unteren Ende zu einem Haken ausgefeilt ist. Das Fallgewicht trägt einen entsprechenden, festgeschraubten Haken I (Fig. 3 und 4) der in den Haken des Hebels K eingreift. Drückt man K beiseite, so wird das Gewicht frei und der Fall beginnt.

Besondere Aufmerksamkeit erfordert die Schreibvorrichtung. Das Fallgewicht ist diametral, senkrecht zur Ebene der Fallschienen genau in der Mitte durchbohrt und in diese Durchbohrung ist der Schreibstift LM (Fig. 4) eingesetzt. Er wird durch ein Messingstäbchen gebildet, das in der Bohrung leicht hin- und hergleitet ohne merkliche, seitliche Verschiebungen zu erleiden. Das eine Stäbchenende trägt bei L aufgelötet einen Bleistifthalter, wie er bei Zirkeln verwendet wird. Das andere Ende M liegt an einer Blattfeder N (Fig. 3 und 5) an, die am Fallgewicht befestigt

ist und den Schreibstift während des Versuchs federnd nach vorn gegen die Registrierscheibe drückt. Diese Federung ist nötig, um an der Schreibspitze die Reibung auf ein Minimum herabzusetzen und um geringe Unebenheiten der Registrierscheibe auszugleichen. Die Feder N wird vor Beginn des Versuchs durch eine weitere, ebenfalls am Fallgewicht angeschraubte Feder P mit dem kleinen Zapfen Q zurückgehalten.

Um allzustarkes Aufschlagen des schweren Fallgewichtes zu vermeiden ist am unteren Ende der Fallstrecke eine Federung angebracht (Fig. 2), die durch zwei gleiche, sehr kräftige, die Führungsschienen umschließende Spiralfedern R und S gebildet wird, auf die wieder eine zweifach durchbohrte, rechteckige Eisenplatte aufgelegt ist. Zwei weitere, passend gebogene Blattfedern T und U dienen zur Arretierung des Fallgewichtes nach dem Herabfallen.

Die Registrierscheibe wurde, da Versuche mit zwei verschiedenen Fallstrecken (20 cm und 35 cm) gemacht werden sollten, in zwei verschiedenen Exemplaren angefertigt (Fig. 6). Als Material für die Scheiben wurde sehr starke, gut ebene Holzpappe verwendet. Die Scheiben werden mit Hilfe einer Flügelmutter auf der Achse des Elektromotors befestigt und sicher gegen die Riemenscheibe des Motors angedrückt. Da der Schreibstift des Fallgewichtes beim Fall genau durch den Scheibenmittelpunkt hindurchgehen muß und die Befestigungsflügelmutter dabei stören würde, ist die Registriervorrichtung aus je zwei, parallel zueinander im Abstande von 2 cm angeordneten Scheiben gebildet. Die Verbindung zwischen beiden wird durch kleine gleichstarke mit den Scheiben gut verleimte Holzklötzchen hergestellt. Die eine der beiden Scheiben dient zur Befestigung auf der Motorachse; zu diesem Zwecke ist eine genau zentrische Durchbohrung angebracht, durch die eine in die Verlängerung der Motorachse fallende, mit dieser festverbundene Schraube hindurchgeht. Die zweite Scheibe dient als eigentliche Registrierscheibe; sie ist ebenfalls zentrisch mit einem genügend weiten, kreisförmigen Ausschnitt versehen durch den die Befestigungsflügelmutter zugänglich ist.

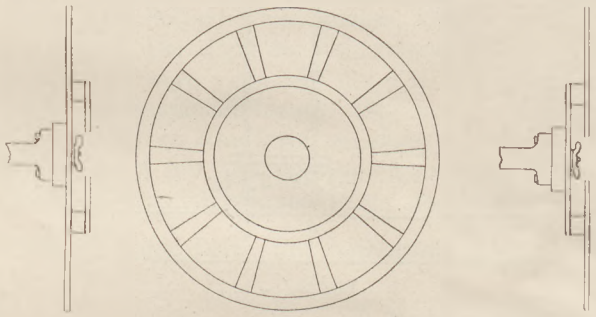


Fig. 6 ($\sim 1:10$).

Für die Aufnahme der kleineren Fallstrecke ist die Befestigungsscheibe größer gewählt als die eigentliche Registrierscheibe. Für die Aufnahme der größeren Fallstrecke wurde umgekehrt verfahren. Die größere der Scheiben trägt in jedem Falle die in Fig. 6 ersichtlichen 10 gleichmäßig verteilten Sektorschlitze [1]), die zur Bestimmung der Tourenzahl auf stroboskopischem Wege dienen bzw. nahe am Rand eingestanzt die 87 Löcher (in der Fig. weggelassen) zur akustischen Tourenzahlbestimmung. Die Fallkurve wird auf einem kreisförmigen Stück starken, glatten, weißen Kartonpapiers aufgezeichnet, das mit Reißzwecken auf der Registrierscheibe gut eben befestigt wird.

Die Tourenzahl des Elektromotors muß in weiten Grenzen leicht veränderlich, dann aber auch wieder auf einen bestimmten, für einige Zeit möglichst konstanten Wert einregulierbar sein. Beide Bedingungen werden am besten erfüllt, wenn man einen Gleichstrommotor mit Sondererregung betreibt; man erregt also den Feldmagneten des Motors für sich möglichst kräftig und legt an den Anker eine Spannung an, die durch einen Abzweigschiebewiderstand in weiten Grenzen verändert werden kann. In dieser Weise läßt sich besonders bequem ein Hauptstrommotor verwenden,

[1]) Es genügen tatsächlich 10 Sektoren; denn auch dabei tritt bei der Tourenzahl $n = 5$ ein stroboskopischer Stern mit 20 Strahlen auf. Voraussetzung ist natürlich eine Frequenz von 50 für den Wechselstrom.

wenn man Feld und Anker trennt. Da die Registrierscheibe ein merkliches Trägheitsmoment besitzt und die Rotation auch während des Herabfallens des Gewichtes, wenn also der Schreibstift eine gewisse Bremswirkung ausübt, gleichförmig sein muß, so darf der Motor schon einigermaßen kräftig sein. Der von uns benutzte Motor hat eine Leistung von etwa 0,5 PS.

Die experimentellen Hilfsmittel, die zur Durchführung der Methode nötig sind, sind damit beschrieben. Im Rahmen des eingangs gekennzeichneten Unterrichts wurde so verfahren, daß zunächst mit der gesamten Klasse der Grundgedanke des Problems herausgearbeitet wurde. Jeder Schüler hatte dann die experimentelle Gestaltung selbständig durchzudenken und über die von ihm gefundene Lösung einen kurzen Bericht mit Konstruktionszeichnungen der nötigen Apparate zu liefern. In gemeinsamer Aussprache wurde aus diesen verschiedenen Lösungsformen die einfachste und beste ausgewählt. Strittige Punkte wurden durch Vorversuche geklärt; und dann wurde die Herstellung der einzelnen Apparatteile nach Art des Werkunterrichts verschiedenen Arbeitsgruppen zugewiesen. Es braucht kaum noch einmal hervorgehoben werden, welche Fülle von Einzelproblemen auf diesem Wege durchdacht und bewältigt werden mußte und daß die Schüler dabei wirklich verstehen lernten und innerlich erlebten, was naturwissenschaftliche Forschung bedeutet.

Nach Herstellung der Einzelapparate konnte nun zur Zusammenstellung und Justierung der ganzen Versuchsanordnung geschritten werden. Zunächst mußte noch auf dem zur Aufnahme der Kurve dienenden Registrierblatt der mathematische Mittelpunkt, um den die Drehung erfolgt, und durch den der Schreibstift des Fallgewichtes beim Herabfallen genau hindurchgehen muß, bestimmt werden. Dies geschah so, daß die Scheibe am Motor befestigt, langsam in Rotation versetzt und dabei ein Bleistift an einer beliebigen Stelle leicht aber unverrückbar gegen das Registrierblatt gedrückt wurde; dadurch entsteht auf dem Kartonblatt ein Kreis, dessen Mittelpunkt der gesuchte Punkt ist. Dieser selbst wurde mit Hilfe dreier Punkte des gefundenen Kreises exakt konstruiert. Markiert man ihn deutlich und läßt man die Scheibe rasch rotieren, so läßt sich durch bloßes Betrachten gut kontrollieren, ob die Konstruktion genau ist: Der Punkt muß dann wirklich als Punkt erscheinen, darf nicht einen kleinen Kreis beschreiben; andernfalls läßt sich während der Rotation die Lage des Punktes mit einem scharfen Bleistift freihändig verbessern.

Nun wurde der Fallapparat mit Hilfe eines Fadenlotes sorgfältig senkrecht aufgestellt und am Rande des Experimentiertisches mit Schraubzwingen festgeschraubt; die senkrechte Lage wurde durch untergelegte Blechstücke erreicht. Es empfiehlt sich nicht, den Fallapparat mit Stellschrauben zu versehen, da er mechanisch durch das herabfallende, schwere Gewicht stark beansprucht wird.

Hierauf wurde der Motor so nahe an den Fallapparat herangerückt, daß der Schreibstift des Fallgewichtes beim Herabfallen ganz leicht federnd über die Registrierscheibe streifte und durch den vorher konstruierten Mittelpunkt der Scheibe hindurchging. Die Ebene der Scheibe muß dabei ebenfalls genau senkrecht stehen, was wiederum mittels des Fadenlotes erreicht wurde. Der Motor selbst ist so schwer, daß er nicht besonders am Experimentiertisch befestigt zu werden braucht. Zur Kontrolle, ob die Schreibstiftspitze wirklich durch den Scheibenmittelpunkt hindurchging und ob die Schreibvorrichtung gut funktionierte, ließ man das Fallgewicht zunächst mehrmals bei ruhender Scheibe herabfallen. Dadurch mußten auf dem Registrierblatt Kreisdurchmesser aufgezeichnet werden.

Schließlich wurde im Abstande von 2 ÷ 3 m von der Scheibe die Bogenlampe aufgestellt, so daß die Scheibe kräftig beleuchtet werden konnte und außerdem wurde der Wechselstrom-Frequenzmesser angeschaltet.

Damit war die ganze Anordnung für den eigentlichen Versuch fertig. Die Rollen für den Versuch wurden an eine Anzahl Schüler verteilt: Einer bediente die Bogenlampe, ein zweiter den Frequenzmesser; ein dritter brachte den Motor auf die

richtige Tourenzahl und sobald der stroboskopische Stern mit 20 Strahlen auftrat und vollkommen ruhig stand, die Scheibe also 5 Umdrehungen pro Sekunde ausführte, löste ein vierter den Hebel K (Fig. 2): Das Fallgewicht stürzte herab, der Schreibstift zeichnete seine Kurve auf, der Versuch war beendet.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, welche wirkliche Entdeckerfreude die erste, gut gelungene Kurve auslöste; hatte doch jeder der Schüler das Gefühl, am Erfolg Anteil zu haben; jeder von ihnen hatte mitgewirkt bei der immerhin umfänglichen Arbeit, die vorher geleistet werden mußte.

An dieser Stelle sei besonders auch betont, daß der Hauptwert des vorliegenden Problems für den Unterricht darin zu sehen ist, daß es Beziehungen zu den verschiedensten physikalischen Spezialgebieten eröffnete, also Richtlinien für eine den gesamten Physikunterricht abschließende Wiederholung darbot: Die Hauptaufgabe führte in die Mechanik, die Bestimmung der Tourenzahl auf stroboskopischem Wege in die Optik und in die Lehre von den Schwingungen, Motor, Wechselstrombogenlampe, Frequenzmesser in die Elektrizitätslehre hinein.

4. Theoretischer Teil.

Aber nicht nur die experimentelle Vielseitigkeit macht das Problem wertvoll im Sinne des Forschungsunterrichts, sondern auch die Möglichkeit, die experimentell

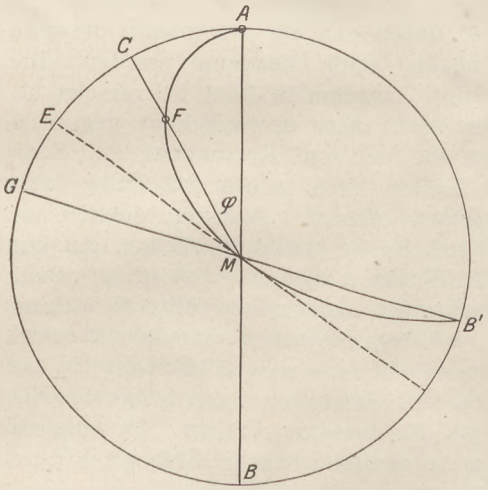


Fig. 7 ($\sim 3:10$).

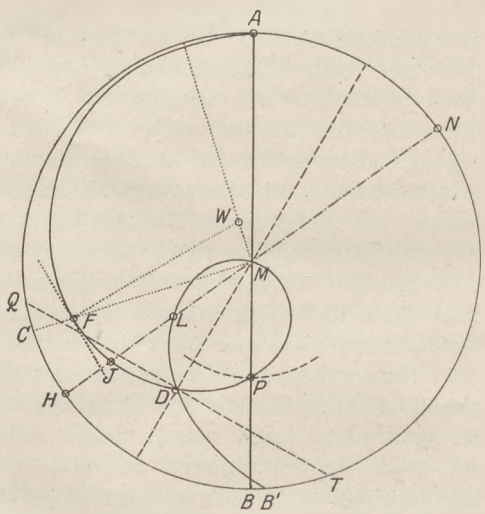


Fig. 8 ($\sim 3:10$).

gefundene Kurve in verhältnismäßig einfacher Weise mathematisch zu bearbeiten. Mußten doch die Schüler nach Anleitung auch diese Aufgabe zunächst selbständig lösen. Die Resultate der mathematischen Untersuchung, die zum größten Teil neu und recht interessant sind, werden zusammenhängend an anderer Stelle veröffentlicht werden, während hier nur die physikalisch verwertbaren Ergebnisse wiedergegeben werden sollen.

Verschiedene Arten der Kurvenbilder zeigen die Figuren 7, 8 und 9, und zwar Fig. 7 für eine Tourenzahl $n = 1$, Fig. 8 und 9 für die Tourenzahl $n = 5$; die Fallstrecke beträgt in Fig. 7 und 8 etwa 20 cm in Fig. 9 dagegen 36 cm.

Der Anfangspunkt der Kurve ist A. Befindet sich das Fallgewicht noch in Ruhe, so zeichnet der Schreibstift bei rotierender Scheibe einen Kreis mit Mittelpunkt M und Radius MA auf, der für die Betrachtung der Kurve von Bedeutung ist, da er im Polarkoordinatensystem gleichsam das Nullniveau des Fallvorganges darstellt, und der deshalb als „Grundkreis“ bezeichnet werden soll. Bei ruhender

Scheibe dagegen durchfällt der Körper den senkrechten Durchmesser $AB = d$ des Grundkreises, der die Polarachse des Systems bildet.

Rotiert die Scheibe mit konstanter Geschwindigkeit und hat sie sich aus der Anfangslage im Uhrzeigersinn um den Winkel $A\hat{M}C = \varphi$ gedreht, so ist CF die Fallstrecke $s = {}^1/_2\, g t^2$ in der Zeit t, die zu dieser Drehung erforderlich ist. Ist die Umdrehungszahl der Scheibe pro Sek. n, so ist:

$$\varphi = 2\pi n t, \qquad t = \frac{\varphi}{2\pi n}$$

also

$$CF = \frac{g\varphi^2}{8\pi^2 n^2}$$

und wir erhalten als Gleichung der Kurve:

$$\varrho = \frac{d}{2} - \frac{g}{8\pi^2 n^2} \cdot \varphi^2$$

also die unter dem Namen „Galileische Spirale“ bekannte Kurve. Der Schreibstift geht durch M, wenn sich die Scheibe um den Winkel $A\hat{M}E = \varphi'$ gedreht hat.

Aus $\varrho = 0$ folgt:

$$\varphi' = 2\pi n \sqrt{\frac{d}{g}},$$

EM ist Kurventangente in M.

Hat sich die Scheibe um den Winkel $A\hat{M}G = \varphi'' = 2\pi n \sqrt{\frac{2d}{g}}$ gedreht, so hat der Körper den ganzen Scheibendurchmesser durchfallen und tritt in B' wieder auf die Peripherie des Grundkreises (Fig. 7). Ist $\varphi'' = \pi$ $\pi = 2\pi n \sqrt{\frac{2d}{g}}$ $n = \sqrt{\frac{g}{8d}}$, so fällt B' mit A zusammen; die Scheibe hat dann, während der Körper den ganzen Durchmesser durchfällt, eine halbe Umdrehung gemacht. Rotiert sie noch schneller, wird $\varphi'' > \pi$, so bildet die Kurve eine Schlinge, sie hat also einen Doppelpunkt D innerhalb des Grundkreises (Fig. 8 und 9); dieser Doppelpunkt wird für die weitere Behandlung des Problems eine wichtige Rolle spielen. Bei noch größeren Tourenzahlen können auch zwei, drei und mehr Doppelpunkte auftreten.

Legt man durch M einen beliebigen Kreisdurchmesser HN (Fig. 8), der die Galileische Spirale außer im Pol in zwei Punkten I und L schneidet, so liegen auf ihm zwei Fallstrecken $HI = s_1$ und $NL = s_2$. Die Differenz der zugehörigen Drehwinkel ist $\varphi_2 - \varphi_1 = \pi$, die der zugehörigen Fallzeiten beträgt $t_2 - t_1 = \frac{1}{2n}$, also die Dauer einer halben Umdrehung. Setzt man für t den Wert $\sqrt{\frac{2s}{g}}$, so erhält man:

$$\sqrt{\frac{2s_2}{g}} - \sqrt{\frac{2s_1}{g}} = \frac{1}{2n}$$

und daraus

$$g = 16 n^2 \left(\frac{s_1 + s_2}{2} - \sqrt{s_1 \cdot s_2}\right).$$

Der Ausdruck in der Klammer ist die Differenz des arithmetischen und des geometrischen Mittels aus den beiden, auf einem Durchmesser liegenden Fallstrecken. Damit hat man eine äußerst einfache Möglichkeit zur Berechnung der Beschleunigung g des freien Falles: Es genügt, einen Durchmesser des Grundkreises zu ziehen und die beiden auf ihm liegenden Fallstrecken abzumessen.

Setzt man weiter den Klammerausdruck:

$$\left(\frac{s_1 + s_2}{2} - \sqrt{s_1 \cdot s_2}\right) = \frac{S}{2},$$

also $g = 8n^2 S,$

so wird $S = {}^1/_2\, g \left(\frac{1}{2n}\right)^2.$

Der Ausdruck S bedeutet demnach die Fallstrecke des Körpers nach der Zeit $t = \frac{1}{2n}$, also nach einer halben Umdrehung der Scheibe ($\varphi = \pi$). Zieht man S vom Grundkreisradius ab, so erhält man den Radiusvektor der Galileischen Spirale für $\varphi = \pi$:

$$\varrho_\pi = \frac{d}{2} - S.$$

Wenn man nun um M den Kreis mit dem Radius ϱ_π schlägt, so schneidet dieser Kreis die Galileische Spirale in einem Punkte P, der mit M verbunden die Polarachse der Kurve und dadurch auf dem Grundkreis ihren Anfangspunkt A liefert. Dieses Verfahren der Konstruktion des Anfangspunktes ist deshalb bedeutungsvoll, weil in der experimentell erhaltenen Kurve, die sich im Anfang eng an den Grundkreis schmiegt, der Anfangspunkt zunächst nur sehr unscharf zu erkennen ist. Da man nun A genau festlegen kann, ist es möglich, von A ausgehend die Drehwinkel φ, also die Fallzeiten t sehr genau zu messen, und damit das Weg-Zeitgesetz $s = {}^1/_2\, g t^2$ gut zu prüfen; man hat nur den Grundkreis in eine beliebige Anzahl gleicher Teile zu teilen, die zugehörigen Radien zu ziehen und die Fallstrecken auf diesen Radien vom Grundkreis aus nach dem Zentrum zu abzumessen. Durch die Möglichkeit der exakten Bestimmung des Anfangspunktes A ist die vorliegende Methode ganz besonders der Morinschen überlegen, wo die Parabel sich ebenfalls der horizontalen Abszissenachse sehr nahe anschmiegt, der Scheitel der Parabel in der experimentellen Kurve also nur unscharf bestimmt werden kann, ein Fehler, der für die gesamte Zeitbestimmung ganz erheblich ins Gewicht fällt.

Die Methode wird besonders einfach, wenn man sie auf den Doppelpunkt D der Kurve anwendet. Dann ist:

$$s_1 + s_2 = d,$$

also wird: $$g = 8n^2 (d - 2\sqrt{s_1 \cdot s_2}).$$

$2\sqrt{s_1 \cdot s_2}$ ist dabei die kleinste Sehne QT des Grundkreises durch den Doppelpunkt, die senkrecht auf dem durch diesen gelegten Durchmesser steht. Zieht man von dieser Sehne den Grundkreisradius ${}^1/_2\, d = QZ$ ab, so erhält man den zur Konstruktion des Anfangspunktes A nötigen Radiusvektor $\varrho_\pi = MP = ZT$. So ist es möglich, den Punkt A rein geometrisch, ohne jede Rechnung zu finden. Natürlich muß auch $QT = AP$ sein, oder $(d - 2\sqrt{s_1 \cdot s_2})$ ist die Fallstrecke BP nach einer halben Umdrehung $\left(t = \frac{1}{2n}\right)$.

Die Methode zur Bestimmung von g und zur Festlegung des Punktes A läßt sich auch in der Weise verallgemeinern, daß s_1 und s_2 nicht auf demselben Durchmesser, also auf zwei Radien mit der Winkeldifferenz π, sondern auf zwei beliebigen Radien mit der Winkeldifferenz φ_0 liegen. Man erhält dann für den Klammerausdruck nicht die Fallstrecke S, die dem Drehwinkel $\varphi = \pi$ entspricht, sondern die zum Drehwinkel φ_0, also zur Zeit $t = \frac{\varphi_0}{2\pi n}$ gehörige Fallstrecke.

Außer der Bestimmung von g und der Prüfung des Weg-Zeit-Gesetzes war nun noch die Möglichkeit der Prüfung des Geschwindigkeits-Zeit-Gesetzes und des Beschleunigungsgesetzes zu versuchen. Und dieser Versuch führte zu einem höchst überraschenden Ergebnis, nämlich zu einer ganz allgemeinen Methode, die Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverhältnisse irgendwelcher geradliniger Bewegungsformen aus dem im Polarkoordinatensystem gegebenen Weg-Zeit-Diagramm zu entwickeln. Diese Methode knüpft an den Begriff der Polarsubnormalen an und ist einfacher und

eleganter als das bekannte Verfahren im rechtwinkligen Koordinatensystem. Da ich die allgemeine Entwicklung inzwischen schon an anderer Stelle veröffentlicht habe[1]), mag hier eine kurze Andeutung genügen:

Ist von irgendeiner geradlinigen Bewegungsform der Weg als Funktion der Zeit, $s = f(t)$ gegeben, so ist die Geschwindigkeit $v = \frac{ds}{dt} = f'(t)$ und die Beschleunigung $b = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2} = f''(t)$. Transformiert man in ein Polarkoordinatensystem, so daß der Radiusvektor $\varrho = s$ den Weg darstellt, während das Argument $\varphi = k \,.\, t$ der Zeit proportional angenommen wird, so ist:

$$v = \frac{d\varrho}{dt}.$$

Die Polarsubnormale der Kurve $\varrho = F(\varphi)$ ist aber: $MW = a = \frac{d\varrho}{d\varphi}$ und da $\frac{d\varphi}{dt} = k$ ist, so wird:

$$v = \frac{d\varrho}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = a \frac{d\varphi}{dt} = a \,.\, k,$$

also

$$\boxed{v = k \,.\, a}.$$

D. h. wir erhalten die Geschwindigkeit für irgendeinen Zeitpunkt, indem wir die zugehörige Polarsubnormale mit dem Faktor k multiplizieren.

Nun ist aber $a = \frac{d\varrho}{d\varphi} = F'(\varphi)$ wieder eine Funktion von φ, also auch von t. Die Endpunkte der sämtlichen Polarsubnormalen der Kurve $\varrho = F(\varphi)$ ergeben also im Polarkoordinatensystem eine Kurve $a = F'(\varphi)$, deren Radienvektoren proportional der Geschwindigkeit $v = f'(t)$ sind, die demnach das Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm darstellt.

Wendet man das gleiche Verfahren auf die Kurve $a = F'(\varphi)$, d. h. auf die Geschwindigkeitskurve an, so ergibt sich:

$$b = \frac{d^2s}{dt^2} = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = \frac{d(ka)}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = k \frac{da}{d\varphi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} = k^2 \,.\, a',$$

also:

$$\boxed{b = k^2 \,.\, a'}.$$

Dabei ist $a' = F''(\varphi)$ die Polarsubnormale der Kurve $a = F'(\varphi)$ ebenfalls wieder eine Funktion von φ. Multipliziert man a' mit k^2, so erhält man die Beschleunigung, oder a' ist gleich der Beschleunigung, wenn die Messung vermittels eines durch k^2 reduzierten Maßstabes erfolgt. Die sämtlichen Endpunkte der Polarsubnormalen a' bilden das Beschleunigungs-Zeit-Diagramm.

Wertvoll ist das Verfahren deshalb, weil v und b hier unmittelbar als Strecken und in einer Anordnung gefunden werden, die sofort anschaulich die Geschwindigkeits- und Beschleunigungskurve ergibt, was beides bei der Verwendung rechtwinkliger Koordinaten nicht zutrifft.

Die Konstruktion der Polarsubnormalen geschieht so, daß man im Kurvenpunkt F (Fig. 8) die Kurvennormale zieht; ist M der Pol, MF also der Radiusvektor von F, so schneidet die Kurvennormale den auf MF senkrechten Radiusvektor in W; $MW = a$ ist die Polarsubnormale.

[1]) E. Günther, Über die Entwicklung der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverhältnisse geradliniger Bewegungsformen aus dem Weg-Zeit-Diagramm im Polarkoordinatensystem. Berichte der Mathematisch-Physikalischen Klasse der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. 73. Bd. S. 226 (1921).

In unserem Spezialfall erhalten wir:

$$\varphi = 2\pi n t, \quad \text{also:} \quad k = 2\pi n$$

$$\varrho = \frac{d}{2} - \frac{g}{8\pi^2 n^2} \cdot \varphi^2 \quad \text{(Galileische Spirale)}$$

$$a = \frac{d\varrho}{d\varphi} = -\frac{g}{4\pi^2 n^2} \cdot \varphi \quad \text{(Archimedische Spirale)}$$

$$v = ka = -\frac{g}{2\pi n} \cdot \varphi = -g \cdot t.$$

D. h. Die Polarsubnormalenkurve der Galileischen Spirale ist eine Archimedische Spirale; sie stellt das Geschwindigkeitsdiagramm dar und die Geschwindigkeit ist somit beim freien Fall der Zeit proportional.

$$a' = \frac{da}{d\varphi} = \frac{d^2\varrho}{d\varphi^2} = -\frac{g}{4\pi^2 n^2} \quad \text{Kreis um den Pol mit Radius } \frac{g}{(2\pi n)^2}$$

$$b = k^2 \cdot a' = (2\pi n)^2 \cdot a' = -g.$$

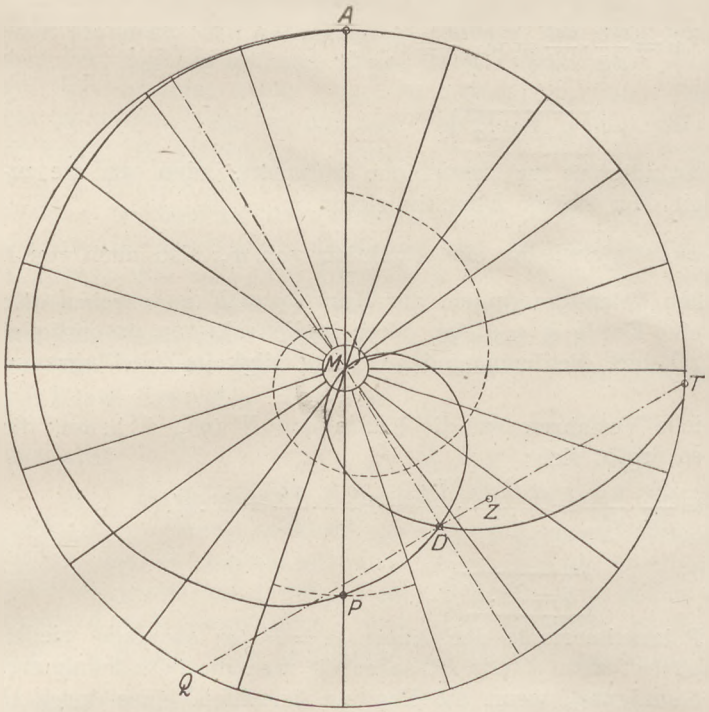


Fig. 9 ($\sim$ 2 : 7).

D. h. Die Polarsubnormalenkurve der Archimedischen Spirale, also des Geschwindigkeitsdiagramms ist ein Kreis; er stellt das Beschleunigungsdiagramm dar und die Beschleunigung ist sonach beim freien Fall konstant.

Bei der physikalischen Untersuchung wird natürlich so verfahren, daß man aus der empirisch gefundenen Galileischen Spirale punktweise die erste Polarsubnormalenkurve konstruiert und aus dieser wiederum punktweise die zweite herstellt. Erweist sich die erste als Archimedische Spirale, die zweite als Kreis, so sind die Gesetze $v = b \cdot t$; $b =$ konstans bestätigt. Durch Multiplikation der Radienvektoren der ersten abgeleiteten Kurve mit $2\pi n$ erhält man die Geschwindigkeit, durch Multiplikation des Kreisradius mit $(2\pi n)^2$ findet man die Beschleunigung g quantitativ.

Daß wir a und a' mit negativem Vorzeichen behaftet finden, liegt daran, daß die Bewegung im Sinne von abnehmendem ϱ vor sich geht.

Zu beachten ist, daß wir nach der Definition der Polarsubnormalen die Polarachse von a um 90°, die von a' nochmals um 90° nach vorwärts gedreht erhalten gegenüber der von ϱ, also gegenüber AM.

Die Geschwindigkeitskurve $a = -\frac{g}{4\pi^2 n^2} \cdot \varphi$ und die Beschleunigungskurve $a' = -\frac{g}{4\pi^2 n^2}$ sind unabhängig vom Durchmesser d des Grundkreises. Wendet man

also immer dieselbe Tourenzahl n an, so erhält man bei verschiedenem d verschiedene Galileische Spiralen, dagegen immer dieselbe Archimedische Spirale als zugehörige Geschwindigkeitskurve und immer denselben „Beschleunigungskreis".

In Fig. 9 sind die drei Kurven dargestellt. Man gewinnt durch dieses Verfahren somit einen geradezu überraschenden, anschaulichen Überblick über die Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverhältnisse beim freien Fall, über den inneren Zusammenhang der Beziehungen:

$$s = {}^1/_2\, g\, t^2$$
$$\frac{ds}{dt} = v = g\, t$$
$$\frac{d^2s}{dt^2} = \frac{dv}{dt} = g.$$

5. Ergebnisse.

Bei der Verarbeitung der experimentellen Ergebnisse durfte nicht so verfahren werden, als ob die auch den Schülern schon längst bekannten Fallgesetze neu entdeckt werden sollten. Es konnte allein eine Verifikation, eine Prüfung der Gesetze in Frage kommen. Dieser Weg war auch deshalb der natürliche, weil ja bei der Berechnung von g aus der Formel:

$$g = 8\, n^2\, (d - 2\sqrt{s_1 \cdot s_2})$$

mit Hilfe des Doppelpunktes und bei der daraus entwickelten geometrischen Konstruktion des Anfangspunktes A der Kurve und damit der Polarachse die Gültigkeit der Fallgesetze schon vorausgesetzt ist.

Gearbeitet wurde immer mit der Tourenzahl $n = 5$, da man dabei gut auswertbare Kurven mit günstig gelegenem Doppelpunkt erhält und weil zu große Tourenzahl zu Erschütterungen der ganzen Anordnung führt, die die Justierung stören.

Weiter wurden, wie schon erwähnt, zwei Scheiben mit verschiedenen Radien angewendet. Ein zu großer Radius empfiehlt sich aus technischen Gründen nicht; in der Kürze der Fallstrecke liegt gerade ein Vorteil der ganzen Methode. Die beiden verwendeten Radien betrugen etwa:

I. $\frac{1}{2}\, d = 10$ cm; dabei durchfällt der Körper den ganzen Scheibendurchmesser ungefähr während einer vollen Scheibenumdrehung (Fig. 8).

II. $\frac{1}{2}\, d = 18$ cm; dabei halbiert der Doppelpunkt annähernd den Scheibenradius (Fig. 9).

Verworfen wurde jede Kurve, die nicht genau durch den vorher sorgfältig festgelegten Mittelpunkt M ging.

A. Bestimmung von g aus dem Doppelpunkt.

Durch den Doppelpunkt D wurde der zugehörige Durchmesser DM des Grundkreises gezogen und die beiden auf diesem Durchmesser gelegenen Fallstrecken s_1 und s_2, deren Summe gleich d sein muß, wurden abgemessen. Aus s_1, s_2 und d ergab sich nach der Formel:

$$g = 8\, n^2\, (d - 2\sqrt{s_1\, s_2})$$

die Fallbeschleunigung. Als Beispiel sei für jeden der beiden Radien eine Kurve behandelt:

I. $n = 5$ $\quad d = 18{,}78$ cm $\quad s_1 = 3{,}10$ cm $\quad s_2 = 15{,}68$ cm

$$2\sqrt{s_1 \cdot s_2} = 13{,}94 \text{ cm}$$

$(d - 2\sqrt{s_1\, s_2}) = 4{,}84$ cm (Fallstrecke nach einer halben Scheibenumdrehung)

$$\underline{g = 968 \text{ cm sec}^{-2}}$$

II. $n = 5$ $d = 31{,}40$ cm $s_1 = 7{,}40$ cm $s_2 = 24{,}00$ cm

$$2\sqrt{s_1 \cdot s_2} = 26{,}66 \text{ cm}$$

$$(d - 2\sqrt{s_1 s_2}) = 4{,}74 \text{ cm}$$

$$g = 948 \text{ cm sec}^{-2}$$

Die beiden Werte für g sind, wie es wegen der nicht ganz zu vermeidenden Reibung des Fallgewichtes an den Führungsschienen sowie des Schreibstiftes an der Scheibe zu erwarten ist, etwas zu klein. Der Fehler ist bei der zweiten Kurve größer, da hier die Fallstrecke größer ist. Dabei ist für II absichtlich eine nicht gerade günstige Kurve ausgewählt worden. Immerhin ist der Fehler von 3% bei II, von 1% bei I noch durchaus annehmbar, wenn man bedenkt, daß es sich um verhältnismäßig kleine Fallstrecken und Fallzeiten handelt. Auf die nähere Behandlung der Reibungsverhältnisse, über die sich nach den vorliegenden Ergebnissen manches aussagen ließe, wurde im Unterricht nicht eingegangen.

B. Prüfung des Gesetzes $s = {}^1/_2 g t^2$.

Der Anfangspunkt A der Kurve wurde in angegebener Weise konstruiert. Es wurde in D auf DM das Lot errichtet und mit dem Grundkreis zum Schnitt gebracht. Die so gefundene kleinste Sehne QT des Doppelpunktes wurde mit dem berechneten Werte $2\sqrt{s_1 s_2}$ verglichen. Weiter wurde von ihr der Radius ${}^1/_2 d$ des Grundkreises subtrahiert, mit der Differenz $ZT = QT - QZ$ (Fig. 9) um M der Kreis geschlagen, der Schnittpunkt P dieses Kreises und der Galileischen Spirale mit M verbunden und durch den Schnitt von PM mit dem Grundkreis der Anfangspunkt A der Galileischen Spirale sowie ihre Polarachse AM genau gefunden. Von A ausgehend wurde dann der Grundkreis in 20 gleiche Teile geteilt und die zugehörigen Durchmesser gezogen; jedes Zwanzigstel des Kreisumfanges entspricht somit 0,01 sec. Weiter wurden von Hundertstel zu Hundertstel Sekunde auf den Durchmessern die Fallstrecken vom Grundkreis aus bis zur Kurve abgemessen, mit den theoretischen Werten verglichen und jedesmal aus der beobachteten Fallstrecke die Fallbeschleunigung: $g = \frac{2s}{t^2}$ berechnet; schließlich wurde der Mittelwert dieser sämtlichen Ergebnisse festgestellt, wobei die ersten, wegen ihrer Kleinheit sehr unzuverlässigen Werte der Fallstrecken nicht berücksichtigt wurden.

Kurve I:

t sec	s cm		g cm sec^{-2}	t sec	s cm		g cm sec^{-2}
	Berechnet	Beobachtet			Berechnet	Beobachtet	
0,01	0,05	0,12	—	0,11	5,94	5,70	941
0,02	0,20	0,23	—	0,12	7,08	6,85	949
0,03	0,44	0,49	1086	0,13	8,30	8,05	953
0,04	0,79	0,81	1010	0,14	9,61	9,40	960
0,05	1,23	1,23	980	0,15	11,05	10,95	975
0,06	1,77	1,78	989	0,16	12,6	12,45	971
0,07	2,40	2,39	978	0,17	14,2	13,95	965
0,08	3,14	3,12	978	0,18	15,9	15,65	963
0,09	3,97	3,90	962	0,19	17,7	17,40	965
0,10	4,91	4,85	970	0,20	19,6	19,30	965

Daraus ergab sich als Mittelwert:

$$g = 976 \text{ cm sec}^{-2}.$$

Kurve II:

t sec	s cm Berechnet	s cm Beobachtet	g cm sec^{-2}
0,01	0,05	0,08	—
0,02	0,20	0,21	—
0,03	0,44	0,45	—
0,04	0,79	0,81	—
0,05	1,23	1,21	—
0,06	1,77	1,78	991
0,07	2,40	2,41	985
0,08	3,14	3,15	1000
0,09	3,97	3,97	981
0,10	4,91	4,90	980
0,11	5,94	5,90	975
0,12	7,04	7,00	971
0,13	8,30	8,20	971
0,14	9,61	9,50	971
0,15	11,05	10,90	971
0,16	12,6	12,31	961
0,17	14,2	13,85	959
0,18	15,9	15,30	945
0,19	17,7	17,50	971
0,20	19.6	19,40	971
0,21	21,6	21,30	967
0,22	23,8	23,37	967
0,23	25,9	25,50	965
0,24	28,2	27,65	961
0,25	30,7	29,90	955

Daraus ergab sich als Mittelwert: $g = 972$ cm sec^{-2}.

Die Abweichungen vom wahren Wert liegen hier zwischen $0{,}5 \div 1\,\%$. Besonders bei der Kurve II ist es auffällig, daß in der letzten Spalte kein Wert von g vorkommt, der so klein wäre, wie der mit Hilfe des Doppelpunktes gefundene Wert. Das erklärt sich so, daß in der Formel, die den Doppelpunkt verwertet, die beiden zu kleinen Werte von s_1 und s_2 das Endergebnis im gleichen Sinne ungünstig beeinflussen.

C. Prüfung des Gesetzes $v = gt$.

Nun wurden wieder in Winkelabständen von $\frac{\pi}{10}$, also für Zeitabstände von 0,01 sec in den einzelnen Punkten der Galileischen Spirale empirisch die Tangenten und daraus die Normalen sowie die Polarsubnormalen konstruiert[1]). Die Endpunkte der *P. s. n.* ergeben die Archimedische Spirale $a = -\frac{g}{4\pi^2 n^2} \cdot \varphi$, die die Geschwindigkeitskurve bildet (vgl. Fig. 9). Durch Multiplikation ihrer Radienvektoren mit $2 \cdot \pi \cdot n$ erhielt man jeweilig die Geschwindigkeit

$$v = 2\pi n a.$$

Aus der Geschwindigkeit wurde wiederum die Fallbeschleunigung $g = \frac{v}{t}$ berechnet, und aus den sämtlichen Werten der Mittelwert g_m bestimmt. Mit Hilfe dieses Mittelwertes wurden dann wieder rückwärts die ausgeglichen Werte von $v = g_m \cdot t$ und $a = \frac{v}{2\pi n}$ berechnet, sodaß nun die den beobachteten Werten am besten entsprechende Archimedische Spirale eingezeichnet werden konnte. Zum Vergleich sind in den beiden folgenden Tabellen auch die theoretischen Geschwindigkeitswerte v für $g = 981$ cm sec^{-2} angegeben.

[1]) Die Konstruktion der Tangenten geschah im Unterricht aus Gründen der Zeitersparnis einfach gefühlsmäßig durch Anlegen des Lineals; die Normale wurde durch „Abschieben" des rechten Winkels gefunden. Diese Tangentenkonstruktion ist nicht sehr genau, was sich in den Werten der folgenden beiden Tabellen geltend macht. Das Verfahren wurde so verbessert, daß in den einzelnen Punkten mehrfach die Konstruktion ausgeführt und dann aus den sämtlichen Werten für die *P. s. n.* der Mittelwert genommen wurde. — Soll die Tangente möglichst genau hergestellt werden, so empfiehlt sich die Konstruktion von B. Gugler (Lehrbuch der deskriptiven Geometrie 2. Aufl. Stuttgart 1857), die von Mehmke in seinem Leitfaden zum graphischen Rechnen (Teubner 1917, S. 108) angegeben wird. Besonders geeignet für Unterrichtszwecke ist das ebenfalls von Mehmke besprochene Spiegellineal von E. Reusch (Carls Repertorium für Experimentalphysik Bd. XVI 1880 S. 255), das für die vorliegende Aufgabe deswegen besonders vorteilhaft ist, weil man damit unmittelbar die Normalen konstruieren kann. Für den Unterricht bringt es gleichzeitig eine ausgezeichnete Anwendung des Spiegelgesetzes.

Kurve I:

t sec	a cm Beobachtet	$v = 2\pi na$ Beobachtet	$g = \frac{v}{t}$	$\bar{v}$ Ausgeglichen	$\bar{a}$	v Theoretisch
0,01	0,38	11,90	1190	9,66	0,31	9,81
0,02	0,58	18,20	910	19,32	0,62	19,62
0,03	0,85	26,70	890	28,98	0,92	29,43
0,04	1,16	36,40	910	38,64	1,23	39,24
0,05	1,58	49,60	992	48,30	1,54	49,05
0,06	1,95	61,20	1020	57,96	1,85	58,86
0,07	2,14	67,10	959	67,62	2,15	68,67
0,08	2,10	75,50	944	77,28	2,46	78,48
0,09	2,87	90,0	1000	86,94	2,76	88,29
0,10	2,93	92,0	920	96,60	3,08	98,10
0,11	3,13	98,1	893	106,3	3,38	107,91
0,12	3,64	114,0	949	116,0	3,69	117,72
0,13	—	—	—	125,7	4,00	127,53
0,14	—	—	—	135,3	4,31	137,34
0,15	—	—	—	145,0	4,61	147,15
0,16	5,67	146,2	918	154,7	4,92	156,96
0,17	5,36	168	988	164,3	5,21	166,77
0,18	6,72	180	1000	174,0	5,52	176,58
0,19	5,90	185	975	183,7	5,85	186,39

Der Mittelwert g_m für alle Werte der vierten Spalte ergibt: $g = 966$ cm sec^{-2}.

Kurve II:

t sec	a cm Beobachtet	$v = 2\pi na$ Beobachtet	$g = \frac{v}{t}$	$\bar{v}$ Ausgeglichen	$\bar{a}$	v Theoretisch
0,01	0,35	11,0	1100	9,75	0,31	9,81
0,02	0,63	19,8	990	19,5	0,62	19,62
0,03	0,95	29,9	995	29,3	0,93	29,43
0,04	1,27	39,8	995	39,0	1,24	39,24
0,05	1,62	51,0	1020	48,8	1,55	49,05
0,06	1,94	61,0	1015	58,5	1,86	58,86
0,07	2,09	65,8	939	68,3	2,18	68,67
0,08	2,40	75,4	941	78,0	2,48	78,48
0,09	2,82	88,8	981	87,8	2,79	88,29
0,10	3,05	95,8	958	97,5	3,10	98,10
0,11	3,45	108	985	107,0	3,41	107,91
0,12	3,82	120	1000	116,8	3,72	117,72
0,13	4,00	126	970	126,5	4,03	127,53
0,14	4,20	132	942	136,3	4,35	137,34
0,15	4,50	142	945	146,0	4,65	147,15
0,16	4,86	153	958	156,0	4,96	156,96
0,17	5,31	167	981	166,0	5,28	166,47
0,18	—	—	—	175,0	5,59	176,58
0,19	5,69	179	942	185,0	5,90	186,39
0,20	5,94	187	935	195,0	6,20	196,20
0,21	6,55	206	980	205,0	6,51	206,01
0,22	6,63	209	951	215,0	6,84	215,82
0,23	6,90	217	941	224,0	7,12	225,63
0,24	7,45	234	973	234,0	7,43	235,44
0,25	7,65	240	960	244,0	7,76	245,25

Der Mittelwert g_m aus allen Werten der vierten Spalte ergibt: $g = 975$ cm sec^{-2}.

Die Mittelwerte von g sind auch hier recht brauchbar; aber freilich ist das Verfahren mit viel größerer Unsicherheit behaftet als das bei der Prüfung des Weg-Zeitgesetzes. Dort lag die empirische Kurve unmittelbar vor; hier muß sie relativ umständlich mit Hilfe der Normalen konstruiert werden. Das macht sich auch geltend in den verhältnismäßig starken Abweichungen der Einzelwerte für v und g von den ausgeglichenen Werten. Die Lücken in den beiden letzten Tabellen erklären sich daraus, daß die Konstruktion der Polarsubnormalen in der Nähe des Punktes, wo die Galileische Spirale durch den Nullpunkt geht, versagt.

D. Prüfung des Gesetzes: $g =$ Konstans.

Schließlich wurde das eben bei der Galileischen Spirale benutzte Verfahren auf die konstruierte, ausgeglichene Archimedische Spirale angewendet, also der Parameterkreis dieser letzteren empirisch durch Tangenten und Polarsubnormalen hergestellt (Fig. 9)[1]). Die Konstruktion ergibt auf jedem der 20 Radien des Grundkreises einen Punkt des Parameterkreises und so erhält man 10 Werte für seinen Durchmesser.

Aus Kurve II erhielt man:

d_0 cm	d cm
1,98	2,01
1,99	2,08
1,95	2,03
1,91	1,92
2,00	1,93

Und aus diesen 10 Werten den Mittelwert:

$$d_0 = 1{,}988 \text{ cm}$$

oder den Radius des Parameterkreises:

$$a' = 0{,}994 \text{ cm}$$

berechnet man daraus $g = 4\pi^2 n^2 a'$ so ergibt sich:

$$g = 981 \text{ cm sec}^{-2}.$$

Dieser Wert stimmt freilich nur zufälligerweise mit dem theoretischen Werte vollständig überein, denn war die Konstruktion von a schon unsicher, so überträgt sich diese Ungenauigkeit erst recht auf die darauf gegründete Konstruktion von a'. Außerdem ist a' selbst so klein, daß die Messungsfehler relativ stark ins Gewicht fallen.

6. Schlußwort.

Die hier entwickelte Methode der Untersuchung geradliniger Bewegungen läßt sich natürlich ganz allgemein fruchtbar anwenden. Augenblicklich bin ich mit meinen Schülern damit beschäftigt, die Gesetze des senkrechten Wurfes und die von Schwingungsvorgängen, harmonischen und nicht harmonischen, zu untersuchen und kann schon recht interessante Ergebnisse in Aussicht stellen. Weiter denke ich an die Untersuchung geradlinig sich bewegender Maschinenteile, Kolben von Dampfmaschinen und Explosionsmotoren, Rohrrücklauf von Schußwaffen usw.

Die in dieser Arbeit wieder einmal angeregte didaktische Frage, die Poske mit dem Wort „Problemphysik“ bezeichnet, die ich in der hier speziell ausgestalteten Form als „Forschungsunterricht“ begriffen sehen möchte, wird nach meiner Überzeugung bei weiterem Ausbau wertvolle Früchte bringen: Muß doch auf diesem Wege eine Fülle von neuen, gut durchgearbeiteten Unterrichtsapparaten, Demonstrationsversuchen, von physikalischen Methoden gefunden werden; die Probleme liegen überall zutage und harren des Abbaus. Überdies aber zwingt die freie, immer neu zu gestaltende Form dazu, das Schema, einen bestimmten, starren Aufbau des Unterrichts, der sonst leicht sich einstellt, zu vermeiden: Geistiger und seelischer Gewinn für den Lehrer, der gezwungen wird, wenn auch in bescheidenem Maße Forscher zu sein und Dienst an der Wissenschaft zu tun.

Ich glaube, es wird dem verehrten Begründer dieser Zeitschrift eine echte wirkliche Freude sein zu sehen, wie sein Werk in diesem seinen Sinne weiterwächst, zu fühlen, daß seine Gedanken Frucht und Segen bringen.

[1]) Der Radius dieses Kreises erscheint in der Fig. 9 wegen des kleinen Zeichnungsmaßstabes so klein. Es steht nichts im Wege die ausgeglichene Geschwindigkeitskurve in einem willkürlich größeren Maßstabe einzuzeichnen, wodurch man auch einen größeren Parameterkreis erhält.

Vorlesungsversuch zur abgestuften Karburierung von Flammen nebst Beobachtungen an der Leuchtgasflamme.

Von **O. Ohmann** in Berlin-Pankow.

Dieser kurze, das Handinhandgehen von Chemie und Physik andeutende Beitrag ist dem Herausgeber zu seinem 70. Geburtstage zugleich mit herzlichen Glückwünschen, denen sich auch der andere Mitherausgeber anschließt, gewidmet.

Bei der Besprechung der Flamme ist zur Erkennung der Ursache des Leuchtens ein Versuch über das Karburieren schwachleuchtender Flammen besonders geeignet. Es wird dadurch einerseits die auf Davy zurückgehende Erklärung des Leuchtens, das Erglühen von Kohlenstoffteilchen, verständlich gemacht, andererseits die Ursache des schwachen Leuchtens des jetzigen, stark mit Wassergas durchsetzten Leuchtgases besser erkannt. In methodischer Hinsicht wäre die Karburierung mit feinstem Ruß am meisten beweisend. Es werden jedoch meist die Dämpfe kohlenstoffreicher Flüssigkeiten wie Benzin und Benzol zu diesem Versuch herangezogen, was ebenfalls instruktiv ist. Am besten eignet sich das Benzol, das, soweit sich ersehen läßt, immer so verwendet wird, daß man einen Schwamm oder Watte damit durchtränkt. So benutzt Heumann ein größeres Kugelrohr mit drittem, aufrechtem Tubus, der einen Hahntrichter mit Benzol trägt, während auf dem Boden der Kugel Baumwollwatte liegt, auf die man das Benzol tropfen läßt. Der Apparat ist vom Standpunkt der nach Einfachheit strebenden Schulchemie aus als schwerfällig zu bezeichnen. Anderwärts wird ein mit Benzol getränkter Schwamm in ein besonderes Glasrohr, durch das der Wasserstoff oder das Leuchtgas strömt, geschaltet. Man kann einfacher verfahren und gelangt durch Weglassung eines aufsaugenden Körpers zu einigen besonders lehrreichen Erscheinungen.

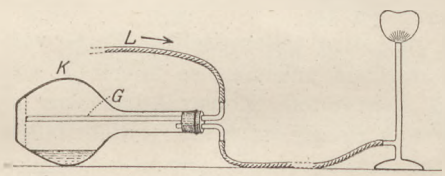


Fig. 1.

Ein Viertel- oder Halb-Literkolben, in den man ~ 20 ccm Benzol gießt, wird durch einen mit zwei Rohren, einem langen, fast bis zum Boden reichenden (G, Fig. 1) und einem kurzen Gasableitungsrohr ausgerüsteten Stopfen verschlossen; ersteres (L) wird mit dem Leuchtgasauslaß, letzteres mit einem Schnittbrenner durch Schläuche verbunden. Zuerst verwendet man die Flasche liegend, läßt (bei umgekehrtem, samt Schlauch tiefer gehaltenem Brenner) einige Sekunden Leuchtgas durch den Apparat strömen, um die Luft zu vertreiben, stellt den Brenner aufrecht und entzündet (nachdem man noch über K ein Tuch gebreitet hat): er brennt jetzt mit weithin leuchtender Flamme. Als Gegenversuch läßt man Leuchtgas unmittelbar aus einem zweiten Schnittbrenner brennen. Stellt man nun den Kolben aufrecht, so zwar, daß G gerade bis an die (punktierte) Oberfläche des Benzols reicht, so wird infolge des dadurch hervorgerufenen Versprühens des Benzols der Vorgang erheblich gesteigert: Die scheinbar etwas vergrößerte Flamme strahlt jetzt ein glänzendes, durch schwach gelblichen Ton gemildertes Licht aus, das noch eine Stufe heller wird, wenn man jetzt G ein wenig in das Benzol einsenkt, so daß Blasen geworfen werden; hierdurch entsteht ein gewisses Vibrieren der Flamme, das aber nicht störend ist, vielmehr die Helligkeit gerade voll zur Geltung kommen läßt. Die stärkste Stufe der Karburierung wird erzielt, wenn man schließlich den Kolben erfaßt und mehr oder weniger lebhaft schüttelt.

Der Verbrauch von Benzol ist nicht erheblich; bei liegendem Kolben betrug er 1 ccm für rund 5 Min. Brenndauer, bei durch Sprühen erhöhtem Leuchten nicht ganz 2 ccm für dieselbe Zeit. — Bei Anwendung von Wasserstoffgas ist vor dem Entzünden die hydraulische Knallgasprobe zu machen.

Diese abgestufte Karburierung, besonders der Schüttelversuch, ist auch von unmittelbar physikalischem Interesse. Er zeigt uns auf optischem Wege, durch Helligkeitsschwankungen einer Lichtquelle, wie sowohl durch Bewegung als auch durch damit zusammenhängende Vergrößerung der Oberfläche einer Flüssigkeit deren Verdunstungsgröße erhöht wird. Man hat es ganz in der Hand, die Erscheinung von kleinsten Schwankungen an bis zu erheblicher Wirksamkeit zu steigern. Die Anwendung auf gaskinetische Vorstellungen liegt auf der Hand. Der Versuch reiht sich jedenfalls den Erscheinungen an, bei denen durch sichtbare Steigerung eines chemischen Vorganges (Abspalten von C, Erglühen infolge der Oxydation) ein an sich nicht sichtbarer physikalischer Vorgang (die Vergasung) zur Anschauung gelangt. Chemische und physikalische Erscheinung greifen hier eng ineinander, eine die andere unterstützend und klärend; ähnlich wie das Rebenstorffsche Farbenthermoskop beim Aufeinanderwirken wechselnder Mengen von Zink und Salzsäure im Hofmannschen Kelchglase die verschieden starke Entwicklung der Wärme veranschaulicht, oder wie das verschieden starke Tönen eines in den Stromkreis eingeschalteten Telephons die verschieden große Dissoziation von Säuren (Schwefelsäure ... Weinsäure ...) zur Wahrnehmung bringt.

Der bequeme Karburierungsversuch kann aber gelegentlich auch noch praktische Bedeutung gewinnen. Beim vorletzten Streik der Elektrizitätsarbeiter Berlins (Nov. 1921) versagte am Nachmittag der Strom auch für die elektrische Beleuchtung; Verf. saß mit seinen Kursteilnehmern im Dunkeln. Gaszufuhr war vorhanden, aber die Wirkung von Schnittbrennerflammen fast gleich Null. Durch die Tatkraft eines Teilnehmers wurde bald ein neuer Glühstrumpf herbeigeschafft. Um die Klemme eines Bunsenstativs wurde ein Draht mit kurzem Endhaken fest gewickelt, der Glühstrumpf eingehängt und ein Dreirohrbrenner darunter entzündet, der plötzlich unter dem Beifall der Zuhörer den Hörsaal hell erleuchtete. Löste man den Schlauch des Brenners vom Gasauslaß, so bildete das System eine tragbare Lampe, bei deren Licht nun auch im Experimentierraum gearbeitet werden konnte. Ein Glühstrumpf ist indes teuer und nicht immer zur Hand; sollte ein ähnlicher Fall eintreten, so empfiehlt sich die obige Karburierung der Schnittbrennerflamme, die sich durch ein paar Handgriffe gleich in mehrfacher Zahl durchführen läßt.

Die erwähnte schwachleuchtende Schnittbrennerflamme des jetzigen Leuchtgases (Winter 1921/22, Berlin) zeigt übrigens einige bemerkenswerte Eigentümlichkeiten. Auf den inneren bläulichen Bezirk bl_1 (Fig. 2) — der bei karburierter Flamme in fast derselben Größe auftritt — folgt der gelb schimmernde Streifen g, der unter den früheren Verhältnissen hellleuchtend die Flamme abschloß, indem er gleich in den fast unsichtbaren Mantel, die schmale Oxydationszone überging. Jetzt folgt aber noch ein zweiter, etwas dunkler gelb gefärbter schmaler Streifen d und nun ein auffallend breiter blauer Saum bl_2; der schmale Streifen d ist sowohl gegen g wie gegen bl_2 scharf abgegrenzt. Die starke Durchsetzung des jetzigen Leuchtgases mit CO und H kommt durch dieses Flammenbild klar zur Geltung, und beide Flammen, die karburierte und nicht karburierte, nebeneinander gewähren einen trefflichen Einblick in die Natur der Flamme und die hier sich abspielenden chemischen Vorgänge. Man wird schließlich nicht versäumen darauf hinzuweisen, daß durch dieses Plus an Wasserstoff und Kohlenoxyd sowohl die Explosionsgefahr wie auch die Giftigkeit des Leuchtgases jetzt erheblich gesteigert ist. Tatsächlich mehren sich auch die Vergiftungsfälle in erschreckendem Maße.

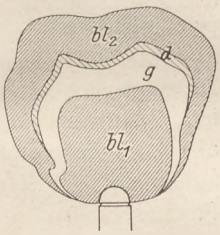


Fig. 2. 1/2 n. Gr.

Versuche mit dem Radiumpräparat eines Spinthariskops und mit einer Kammer für Ionennebel.

Von Seminarlehrer **Janß** in Uetersen (Holstein).

Das in den Versuchen benutzte Spinthariskop ist ein einfaches der in dieser Zeitschrift[1]) erwähnten Art. Es besteht aus einer Röhre R (Fig. 1), die an einem Ende durch einen Schirm S mit Sidotblende, am anderen durch eine verschiebbare Lupe L verschlossen ist. In geringer Entfernung von dem Schirm S befindet sich eine winzige Menge R eines Radiumsalzes an einem drehbaren Arm A.

1. Allgemein bekannt ist das Szintillieren der Sidotblende, wenn der Arm mit dem Radiumpräparat ihr zugekehrt wird[2]). Klebt man ein Stückchen Papier an den Arm, so daß die Geschosse nur durch Papier hindurch den Leuchtschirm erreichen können, so verschwindet das Szintillieren; es wird demnach durch die α-Strahlen hervorgerufen.

2. Radium macht die Luft leitend[3]).

3. Nachweis der α- und β-Strahlen. Die beiden Strahlenarten werden durch eine einfache Photographie nachgewiesen. Aus Papier von etwa $^1/_4$ mm Stärke[4])

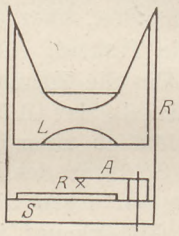


Fig. 1.

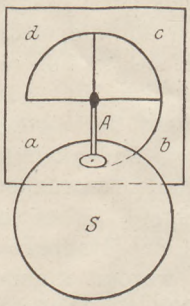


Fig. 2.

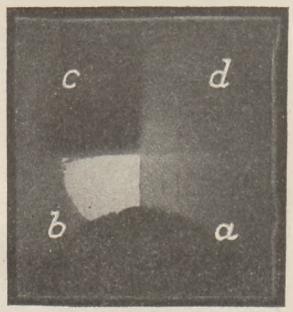


Fig. 3.

schneidet man einen kleinen Quadranten b von etwa 1 cm Radius aus (Fig. 2); Quadrant a bleibt unverändert; d hat eine doppelte Papierschicht; auf c ist Blei geklebt. Das so vorbereitete Papier legt man in einem lichtsicheren Karton auf eine kleine photographische Platte, 3×3 qcm genügt. Darüber legt man in der angedeuteten Stellung den Boden S des Spinthariskops mit nach außen gedrehtem Arm A. Die aktive Masse befindet sich dann etwa 1 cm über dem Mittelpunkt des Kreises.

Je nach Plattensorte kann man nach einem oder mehreren Tagen entwickeln. Es zeigt sich eine Schwärzung, die in Fig. 3 durch eine Negativkopie wiedergegeben ist. Quadrant b ist stark geschwärzt, a und d erheblich weniger, aber a etwas mehr als d, c überhaupt nicht. In a, b und d nimmt die Schwärzung von der Mitte nach außen ab. In d erkennt man am Rande deutlich den Übergang von zwei zu einer Papierschicht.

Die Deutung ist folgende: Die erste Papierschicht hat die Strahlung ganz bedeutend geschwächt, die zweite wenig mehr. Dies ist zu erwarten, wenn man annimmt, daß ein Strahlungsbestandteil, die α-Strahlen, vom Papier vollständig absorbiert wird, ein anderer, die β-Strahlen, das Papier unter Schwächung durchdringt. Denn der Vergleich von a und b zeigt, daß eine Papierschicht etwa nur $^1/_5$ durchläßt; wäre

[1]) Diese Zeitschr. 20, 33; 1907.

[2]) Rutherford, Radioaktive Substanzen und ihre Strahlungen. Handbuch der Radiologie, Bd. II, S. 97.

[3]) Vgl. u. a. Bavink, diese Zeitschr. 29, 179; 1916.

[4]) Die hier wie auch weiter unten angegebenen Maße brauchen selbstverständlich nicht genau innegehalten zu werden; es sind nur die zufällig von mir benutzten.

nur eine Strahlenart vorhanden, so müßte die zweite Schicht von dem Rest auch annähernd nur $^1/_5$ durchlassen, d also etwa $^1/_5$ der Schwärzung von a zeigen, was aber nicht der Fall ist. — Die Abnahme der Schwärzung von der Mitte nach dem Rande erklärt sich durch Vergrößerung des Abstandes von der Strahlenquelle und durch Zunahme der durchstrahlten Schichtdicke. — Weil c keine Schwärzung zeigt, so folgt, daß die β-Strahlen vom Blei vollständig absorbiert werden.

4. Emanation. Die Anordnung ist ähnlich wie die vorige. Aus einem Papierblatt ist ein Stück der Form a herausgeschnitten (Fig. 4). Das gestrichelte Rechteck b ist mit Blei bedeckt; das Blei ist an der Kante c etwa 1 cm hoch senkrecht nach oben gebogen. Außer a sind noch die Rechtecke d, e, f, g ausgeschnitten; d grenzt unmittelbar an a; g ist mit einem Glimmerblättchen bedeckt. Alle vier Ausschnitte sind gegen direkte Strahlung geschützt, e und g praktisch auch gegenüber einem Luftwechsel. Nach d und f kann demnach leicht ein Gas gelangen, nach e und g nur dann, wenn es durch Papier hindurch diffundiert. Der lichtsichere Karton ist vorteilhaft möglichst klein, so daß die Emanation sich nur in einem kleinen Raum ausbreiten kann. Außerdem kann man durch Einpacken in Watte das Entweichen erschweren.

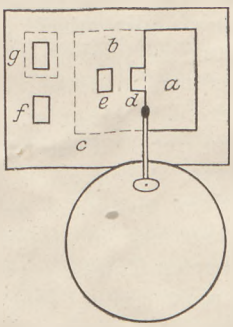


Fig. 4.

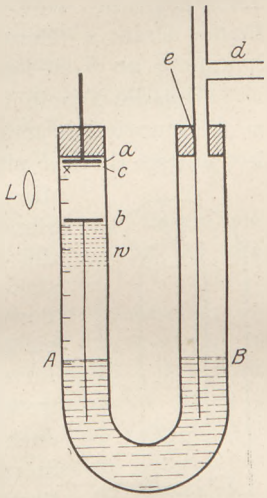


Fig. 5.

Nach einer Bestrahlung von etwa 7 Tagen ist a tiefschwarz, d und f zeigen leichte Schleier, e und g aber nicht. So gewinnt man den Eindruck, daß sich ein aktives Gas ausgebreitet hat[1]).

5. Nebelbahnen der α-Strahlen. Sie lassen sich nach dem Verfahren von WILSON mit einem einfachen Apparat, der sich ohne besondere Kosten herstellen läßt, zeigen, wenn auch nicht so glänzend wie in den Photographien von WILSON[2]) oder wie mit der einfachen Anordnung für Demonstration, die MACHE[3]) beschreibt. Die Kammer ist derjenigen von AITKEN[4]) nachgebildet.

Der Expansionsraum ist der durch einen Korken und Wasser abgeschlossene Schenkel A eines gewöhnlichen U-Rohres von 1,5 cm innerer Weite und 20 cm Länge (Fig. 5). Das Expansionsverhältnis läßt sich an einer Teilung des Schenkels (durch Tintenstriche) kontrollieren. — Für das entionisierende Feld habe ich, da keine andere höhere Gleichspannung zur Verfügung stand, zwei alte Voltasche Säulen, die gegen 80 Volt liefern, wieder hergerichtet. Das Feld wird zwischen einer Platte a, die an einen durch den Korken führenden Draht gelötet ist, und einem engmaschigen Drahtnetz b, von dem ein Metalldraht ins Wasser führt, erzeugt. — Man kann als Spannungsquelle auch eine Elektrisiermaschine benutzen (Schaltung Fig. 6). K_1 und K_2 sind die Konduktoren. Der Stromkreis der Maschine enthält die sehr kleine Funkenstrecke F_1 und die größere F_2 aus spitzen Drähten; beide wirken als Glimmfunken-

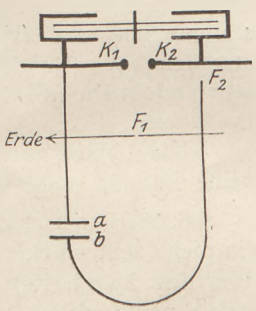


Fig. 6.

[1]) An der Schwärzung von d und f mag auch der aktive Niederschlag Anteil haben, er bildet sich aber erst aus der Emanation. — Eine Kopie kann die zarten Schleier von d und f nicht wiedergeben.

[2]) Jahrbuch der Radioaktivität 10, 34; 1913.

[3]) Phys. Zeitschr. 15, 288; 1914.

[4]) Müller-Pouillet, 10. Auflage, Bd. 4, S. 1132.

strecken. Parallel zu F_1' liegt zwischen a und b das Feld der Nebelkammer. Der Spannungsunterschied ist also der zur Überwindung von F_1' erforderliche. a wird vorteilhaft geerdet. — Der Abstand von a und b in Fig. 5 beträgt etwa 2—3 cm. Unter a wird der Arm c des Spinthariskops gebunden. Zur Abschwächung der Wirbel ist unter b ein Wattepfropfen w vorhanden, durch Zwirn an b befestigt. Der Raum zwischen a und b kann durch eine Glühbirne in Verbindung mit einer Linse L intensiv beleuchtet werden. Man beobachtet senkrecht zum Weg des Lichtes, am besten durch eine Linse von 8 – 10 cm Brennweite. Mit Rücksicht auf die störenden Reflexionen an den zylindrischen Wänden muß man sich den günstigen Ort wählen. Der zweite Schenkel B ist durch einen verhältnismäßig weiten Hahn d, vorteilhaft ein Dreiweghahn, und einen Schlauch mit einer Verdichtungspumpe, Fahrrad- oder Hahnluftpumpe, verbunden. Zwischen Hahn und Korken hindurch führt ein sehr dünner Draht e (Umwicklung einer g-Saite der Geige) bis in das Wasser, um die Spannung an b zu legen.

Um die Nebelbahnen sichtbar zu machen, wird die Luft in B und dadurch auch in A komprimiert und der Raum der Luft in A verkleinert. Stellt man nach kurzer Zeit mittels Hahn d plötzlich Verbindung von B mit der Außenluft her, so dehnt sich die Luft in A adiabatisch unter Abkühlung aus. Ist das Expansionsverhältnis mindestens $1^1/_3$, so werden bei angelegter Spannung die Nebelbahnen sichtbar; deutlicher, wenn durch einige Expansionen der Staub beseitigt ist. Leider stören Wirbel und schwingende Bewegungen der Luft die Beobachtung sehr; aber immerhin sind einige Bahnen, die gegen Ende der Expansion entstehen, gerade. Im allgemeinen bietet der Raum nicht Platz für den ganzen Strahl; trotzdem kann man in einigen wenigen Fällen an geraden Bahnen auch die scharfen Knicke gegen Ende erkennen [1]). Da MACHE [2]) solche Störungen nicht findet, scheinen die beobachtbaren schwingenden Bewegungen des Wassers störend zu wirken.

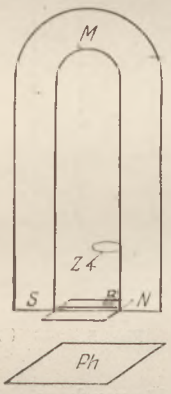


Fig. 7.

Zum Auftreten der Bahnen ist vor allem erforderlich, daß der Hahn d weit ist; durch schnelles Drehen muß man dafür sorgen, daß sofort sein ganzer Querschnitt die Luft entweichen läßt. Die störenden Schwingungen der Luft verringert man, wenn man den Hahn d sofort weiter dreht, aber nicht zu schnell, da dann nicht genügend Luft entweichen kann. Das Expansionsverhältnis darf nicht unter $1^1/_3$ betragen, kann im allgemeinen erheblich größer gewählt werden, je nach Beschaffenheit des Wattepfropfens w. Ohne Entionisierungsspannung heben sich die Bahnen nicht oder nur sehr undeutlich ab, da die vor der Expansion erzeugten Ionen den Wasserdampf verbrauchen.

Klebt man, wie beim Szintillieren, ein Stück Papier an den Zeiger, so treten keine Bahnen mehr auf. Sie sind demnach die Spuren der α-Strahlen.

6. Ablenkung der β-Strahlen durch einen Magneten. M, Fig. 7, ist ein nicht sehr starker Stahlmagnet von einer alten magnetelektrischen Maschine, Z der Arm des Spinthariskops, B eine spaltförmige Bleiblende von 1 mm Weite, Ph eine kleine photographische Platte. Der Abstand ZPh ist 3,5 cm. Das Ganze ist in einem lichtsicheren Kasten untergebracht. An der Rückwand desselben befinden sich zwischen zwei Führungsleisten drei kleine Schieber, an denen die Träger für Z, B und Ph befestigt sind. (Man kann die drei Teile selbstverständlich auch anders befestigen; diese Form ist nur gewählt worden, um bei Vorversuchen die Abstände bequemer ausprobieren zu können.)

[1]) Jahrbuch der Radioaktivität 10, 52; 1913, Tafel I, Fig. 6 u. 7; abgedruckt in Müller-Pouillet, 10. Aufl., Bd. 4, S. 1266, Fig. 1160a und b.

[2]) a. a. O.

Auf einer Platte lassen sich drei Aufnahmen vereinigen, ohne Magnet, und bei entgegengesetzten Feldrichtungen. Zunächst wurden *a* und *d* bestrahlt, Fig. 8, der Magnet war nicht vorhanden, *b* und *c* waren mit Blei bedeckt; dann *b* bei der in Fig. 7 angegebenen Magnetlage, *a*, *c* und *d* geschützt; dann *c* bei umgekehrter Feldrichtung, *a*, *b* und *d* geschützt. Um gleichzeitig die Wirkung der α- und β-Strahlen unterscheiden zu können, kann man eine Papierblende der Form von Fig. 8 auf die photographische Platte legen. Bei jeder Bestrahlung können auf einen Teil der Platte also nur β-Strahlen, auf den anderen Teil α- und β-Strahlen wirken. Die Zeit der Bestrahlung war 3 · 14 Tage.

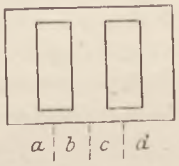


Fig. 8.

Die Schwärzung ist durch Fig. 9 schematisch wiedergegeben. Die Ablenkung ist deutlich erkennbar, auf der Platte etwa 2×1 mm. Die Richtung der Ablenkung zeigt an, daß die β-Strahlen wie die Kathodenstrahlen abgelenkt werden. — Die Schwärzung in den durch Papier bedeckten und in den freien Teilen ist annähernd gleich. Demnach haben sich die α-Strahlen nicht bemerkbar gemacht; sie sind wesentlich in der Luft absorbiert worden. Um auch ihre Spur zu erhalten, müßte man den Abstand *ZPh* kleiner wählen und das Feld verstärken. — —

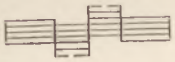


Fig. 9.

Mit der im Vorstehenden (Fig. 5) beschriebenen Nebelkammer lassen sich noch sehr bequem folgende Versuche machen. (Das Radiumpräparat *c* fehlt bei allen Versuchen; auch kann *w* fehlen.)

7. Nebel und Staub. Der Kork für Schenkel *A* wird erst unmittelbar vor den Versuchen eingesetzt; *a* und *b* können auch fehlen. Geringe Expansionen (es genügt das Verhältnis $\varrho < 1{,}25$) erzeugen Nebel, angelagert an Staub. Der Staub läßt sich entfernen, indem man den nach jeder Expansion sich bildenden Nebel in das Wasser fallen läßt. Ist nach Beseitigung des Staubes $\varrho < 1.25$, so entsteht kein Nebel mehr; ist $1{,}25 < \varrho < 1{,}4$, so werden nur einige wenige Tropfen sichtbar; ist $\varrho > 1{,}4$, so entsteht ein sehr dichter Nebel von feinen Tropfen.

8. Röntgenstrahlen und Kondensationskerne. a) Die Platten *a* und *b* sind nicht notwendig. Der Staub wird durch einige geringe Expansionen beseitigt. Expansionen mit $1{,}25 < \varrho < 1{,}4$ ergeben ohne Röntgenstrahlen nur wenig Tropfen, aber sehr viele, wenn während der Expansion Röntgenstrahlen die Kammer durchsetzen. Also erzeugen die Röntgenstrahlen Kondensationskerne.

Fig. 10.

b) Expandiert man erst eine oder zwei Sekunden nach der Einwirkung der Röntgenstrahlen, so ist die Nebelbildung erheblich geringer als vorhin, um so geringer, je später nach der Bestrahlung expandiert wird. Die Kerne verschwinden demnach mit der Zeit wieder.

c) Die Platten *a* und *b* müssen vorhanden sein. Erzeugt man zwischen *a* und *b* ein elektrisches Feld von etwa 100 Volt, so ist die Nebelbildung bei der Bestrahlung während der Expansion erheblich geringer, bei Expansion nach der Bestrahlung kaum merklich, selbst dann nicht, wenn man unmittelbar nach der Bestrahlung expandiert. Die Kondensationskerne werden demnach durch das Feld schnell entfernt; dies ist zu erwarten, wenn man annimmt, daß die Kerne geladen sind.

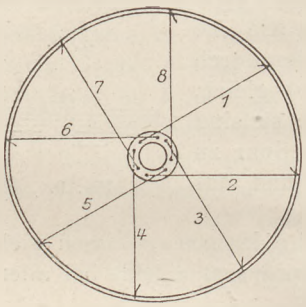
9. Ionen im elektrischen Funken. *a* und *b* fehlen. Durch den Kork des Schenkels *A* führen zwei zu Spitzen ausgezogene Glasröhren (Fig. 10); durch diese führen dünne Metalldrähte, abgedichtet mittels Asphaltlack. Expandiert man, wenn zwischen den Spitzen elektrische Funken überspringen, so tritt dicker Ionennebel auf.

Kleine Mitteilungen.

Die Anwendung der Tangentialverspannung auf die Ringe des Ringapparats.

Von **Friedrich C. G. Müller** in Berlin-Lichtenfelde West.

Die Ringe meines bei den Lesern dieser Zeitschrift als bekannt vorauszusetzenden Universalapparates für Mechanik (*ds. Zeitschr. 14, 71; 1901*) hängen an der Nabe mit vier Fäden, die im Mantel eines stumpfen Kegels liegen. Die Verbindung ist also in bezug auf Verdrehung unstarr, woraus aber bei den Hauptverwendungen des Apparates keine Nachteile erwachsen. Aber bei Schwingversuchen kann eine Verdrehung der Nabe gegen den Ring merkbare Fehler veranlassen. Deshalb habe ich inzwischen eine nach der Figur leicht verständliche Tangentialverspannung vorgenommen. Die acht kräftigen, aus Angelschnur oder Apothekerbindfaden bestehenden Speichenfäden sind einerseits in entsprechende Löcher des leichten Nabenringes von Aluminiumblech eingeknotet, andererseits am Ringe in der Weise befestigt, daß man sie durch feine Bohrungen desselben zieht und mit spitzen Holz- oder Metallstiften festkeilt.



Einfacher noch und mit den bescheidensten Hilfsmitteln ausführbar ist folgende Befestigungsart. Man knotet an acht leichten Einkerbungen Schlingen aus Draht oder Faden um den Ring, durch welche vor dem Festknoten die Enden der Speichenfäden gezogen werden. Die Schlingen müssen so fest halten, daß die Fäden nur schwierig hindurchgleiten.

Zuerst werden die vier geradzifferigen Fäden eingezogen und so lang belassen, daß sie beim Drehen der Nabe tangential zu liegen kommen. Dann die ungeradzifferigen unter ziemlich straffer Anspannung. Behufs genauer Zentrierung sucht man auf einem Zeichenbrett Ring und Nabe mit einer genauen Vorzeichnung durch Anziehen oder Nachlassen der betreffenden Speichenfäden zur Deckung zu bringen. Endlich werden die überschießenden Fadenstücke an den Schlingen festgeknotet.

Dieses Beispiel einer einfachen Tangentialverspannung hat wegen deren großer Bedeutung in der Fahrradindustrie schon an sich für die Schüler ein großes Interesse. Sie sind völlig überrascht, wenn sie sich davon überzeugen, daß die Nabe so drehfest in dem Ringe schwebt, als sei sie durch feste Speichen damit verbunden.

Natürlich ergibt ein so verspannter Ring, wenn er mittels des Hütchens auf der Spitze des Ringapparates liegt, unter Einwirkung eines an der Nabe befestigten belasteten Fadens genau die von der Theorie geforderte Schwingungszahl.

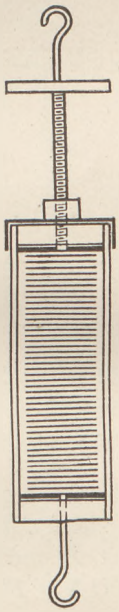
Über eine neue Art von Trockensäulen.

Von **P. Bräuer** in Hannover.

Die meist gebrauchten Trockensäulen aus zusammengeklebten Scheiben von Gold- und Silberpapier oder aus Silberpapier mit einem Überzuge von Mangandioxyd oder Bleidioxyd zeigen, wenn sie nicht in sehr gut isolierenden Röhren eingeschlossen sind, mancherlei Erscheinungen, die ihre Benutzung erschweren. Sie sind in der Spannung veränderlich, da sie bei feuchter Witterung durch eine an ihrer Oberfläche entstehende Wasserhaut oder bei stark ionisierter Luft durch diese hindurch sich entladen und dann später ihre frühere Spannung nicht ganz wieder erlangen; ferner besitzen sie einen erheblichen inneren Widerstand, so daß sie die an den Polen entnommenen Elektrizitätsmengen nur langsam ersetzen.

Die in Röhren aus gefirnißtem Kaliglas eingeschlossenen und an den Polen mit gut isolierenden Verschlüssen versehenen Trockensäulen zeigen bei sorgfältiger Aufbewahrung den ersterwähnten Übelstand fast garnicht, der innere Widerstand läßt

sich durch Vergrößerung der Blättchen in mäßigem Betrage vermindern, viel stärker jedoch durch Zusatz eines geeigneten Elektrolyten. Nach langjährigen Versuchen und Beobachtungen hat sich ergeben, daß ein Überzug von Bleidioxyd, welches auf elektrolytischem Wege hergestellt und vermittels eines durch Zusatz von Orthophosphorsäure gut leitend gemachten Klebstoffs auf die Papierseite des Metallpapiers aufgetragen ist, den beabsichtigten Zweck am besten erreichen läßt. Das elektrolytisch hergestellte Bleidioxyd enthält — ebenso wie das auf den positiven Akkumulatorenplatten befindliche — stets chemisch gebundenes Wasser, die dem Klebstoff zugesetzte Orthophosphorsäure ist hinreichend stark dissoziiert und trocknet nie aus. Je nachdem, wie groß die verwendeten Blättchen sind, liegt der Widerstand solcher aus vielen Hunderten von Blättchen verfertigten Säulen zwischen 10^8 und 10^{11} Ohm, sie laden sich deshalb nach Entnahme von Elektrizitätsmengen schnell wieder auf die frühere Spannung, selbst wenn sie zur Ladung von Konduktoren oder Kondensatoren von erheblicher Kapazität verwendet wurden. Die Spannung kann zwischen 100 und 1000 Volt liegen, sie hängt, außer von der Zahl der Blättchen, auch von der Art des verwendeten Metallpapiers — es gibt solches mit Zinn-, Aluminium- und Zinkbelag — ab. Man kann die Säulen wie Akkumulatoren hinter- und nebeneinander schalten; Spannungen von mehreren Tausend Volt, wie man sie bei der Aktivierung von Drähten nach dem Verfahren von Elster und Geitel braucht, sind aus wenigen Säulen leicht herstellbar. Die Säulen vertragen längere Zeit Stromentnahmen von der Größenordnung 10^{-10} bis 10^{-9} Amp. und eignen sich deshalb zur Ladung von Quadrantenelektrometern, zur Unterhaltung von Sättigungsströmen usw. Zur zuverlässigen Eichung von Elektrometern benutzt man kleinere Säulen, die in der Spannung verschieden sind, indem man das zu eichende Instrument zunächst mit Benutzung einer Starkstromspannung (vgl. KOHLRAUSCH, Prakt. Physik, 12. Aufl., 129, S. 625) bis zur verfügbaren Höchstspannung von 110 bzw. 220 Volt eicht und die Spannung der Säulen dann mit Hilfe des Instruments ermittelt. Sodann kann man durch Hintereinanderschaltung einer Säule und der veränderbaren Starkstromspannung, sowie durch Hinter- und Gegeneinanderschaltung der Säulen untereinander eine hinreichende Anzahl von Spannungswerten herstellen. —



Übrigens hängt die Spannung der Trockensäulen von dem Druck ab, mit welchem die Blättchen zusammengepreßt wurden; sie wächst im allgemeinen mit diesem Druck, erreicht einen Maximalwert und nimmt bei sehr verstärktem Druck wieder ein wenig ab. Der innere Widerstand zeigt den umgekehrten Gang. Diese Tatsache führte zur Konstruktion von Trockensäulen mit veränderbarer Spannung (Fig.), bei denen der Druck auf die Blättchen vermittels einer Schraube geändert werden kann. Da diese Säulen bei gelockertem Zustande der Blättchen in horizontaler Lage keine Spannung an den Polen zeigen, so braucht bei ihrer Aufbewahrung keine besondere Sorgfalt auf die Isolierung verwendet zu werden, was sonst unbedingt erforderlich ist, da bei schlechter Isolierung ein dauernder Strom durch die Säulen fließt, der eine Oxydation des Metalls bewirkt. Die Trockensäulen besitzen einen Temperaturkoeffizienten, ihre Spannung wächst mit zunehmender Temperatur, auch ist sie von der Witterung merkbar abhängig. Der Grund liegt jedoch nicht in dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, sondern in der bei barometrischen Depressionen großen, bei hohem Luftdruck geringen Ionisation der Luft[1]).

[1]) Die Herstellung der Trockensäulen hat die Firma Georg Bartels Nachfolger, Werkstätte für Präzisionsmechanik, Göttingen, Untere Maschstraße 26, übernommen.

Eine elementare Ableitung der Gesetze von Bravais.

Von Dr. P. Terpstra in Groningen.

Lichtstrahlen, die außerhalb des Hauptschnittes durch ein optisches Prisma gehen, gehorchen drei von Bravais abgeleiteten Gesetzen. Ziemlich verwickelte Beweise für diese Gesetze finden sich u. a. in Pernter-Exner, Meteorologische Optik; Mascart, Traité d'Optique; Cornu, Annales de l'École normale, Serie II, Tome 1, 1872; W. J. Humphreys, Physics of the air; G. Laville, Journal de Physique, Serie VI, Tome II, 1921. Einfacher als die zitierten Beweise scheint mir der folgende:

Dem Snelliusschen Brechungsgesetz kann man folgende Fassung geben: Es sei (Fig. 1) $PQ \parallel ON$, so ist $OQ = n \times OP$.

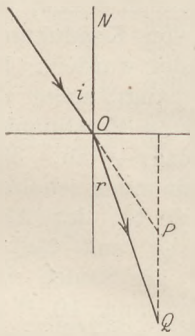


Fig. 1.

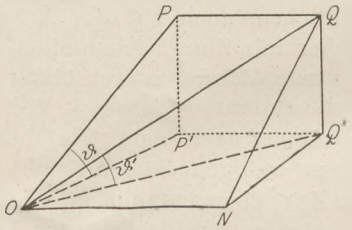


Fig. 2.

Es seien nun weiter (Fig. 2):

ON das auf der ersten brechenden Fläche des Prismas errichtete Lot;
OP die Verlängerung des auffallenden Strahles;
OQ der gebrochene Strahl;
$PQ \parallel ON$;
OP' und OQ' die Projektionen von OP und OQ auf den Hauptschnitt;
$ONQ'P'$ der Hauptschnitt des Prismas.

Bezeichnet man $< POP'$ mit ϑ, und $< QOQ'$ mit ϑ', so ergibt sich aus der Figur:

$$\frac{\sin\vartheta}{\sin\vartheta'} = \frac{PP'}{OP} \times \frac{OQ}{QQ'} = \frac{OQ}{OP} = n \text{ (man vergleiche mit Fig 1).}$$

Dieses, dem Snelliusschen ähnliche, ist das erste Gesetz von Bravais. Indem man dieses Gesetz auch auf den austretenden Strahl anwendet, ergibt sich, daß der auffallende und der austretende Strahl mit dem Hauptschnitt gleiche Winkel bilden (zweites Gesetz von Bravais). Nach der Konstruktion ist

$$\frac{OQ'}{OP'} = \frac{OQ\cos\vartheta'}{OP\cos\vartheta} = n\frac{\cos\vartheta'}{\cos\vartheta},$$

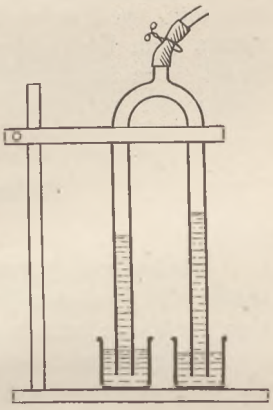
d. h. (man vergleiche mit Fig. 1): Die Projektionen der Strahlen auf den Hauptschnitt erfahren eine fiktive Brechung, deren Brechungsverhältnis $N = n\frac{\cos\vartheta'}{\cos\vartheta}$ ist. Es ist also immer $N > n$. (Drittes Gesetz von Bravais.)

Wenn so die Bravaisschen Gesetze elementar abgeleitet sind, so kann man diese beim Unterricht anwenden zur Erklärung der merklichen Krümmung der Spektrallinien in einem Spektroskop, dessen Spalt nicht absichtlich sehr kurz gemacht ist. In derselben Weise kann man nun auch die Halo-Erscheinungen, sofern sie sich aus Lichtbrechung in Eisprismen erklären lassen, elementar auseinandersetzen.

Das spezifische Gewicht des erwärmten Wassers.

Von Dr. Johannes Lorenz in Leipzig.

Bestimmungen mit einem Pyknometer, in das man außer dem Wasser etwas Quecksilber einbringt, um die Ausdehnung des Glases zu kompensieren, erfordern sehr genaue Wägungen und zeitigen bei größerer Schülerzahl und dem Mangel eines besonderen erschütterungsfreien Wagezimmers selten genaue Resultate. Für Übungen recht befriedigende Werte bekommt man mit der bekannten Anordnung, bei der man aus den vom Luftdruck getragenen Flüssigkeitssäulen auf die spez. Gewichte schließt (s. Figur).



Ein U-förmig gebogenes Rohr von 30 cm Länge und 5 cm Schenkelabstand mit einem kurzen Ansatz im Scheitel fertigt jeder Glasbläser für ca. 5 Mk. An den Ansatz kommt ein Stück Gummischlauch mit Quetschhahn und daran zum besseren Ansaugen ein Stück Glasrohr mit umgeschmolzenen Rändern. Montierung auf Brett ist überflüssig. Das Rohr wird von einem Stativ gehalten und endigt in 2 untergestellte kleinere Bechergläser mit kaltem und heißem Wasser. Legt man in das kalte Wasser einige Eisstückchen, so kann man sein spez. Gew. rund als 1 annehmen. (Eigentlich 0,999 868.) Durch mehrmaliges Ansaugen und Senken der Flüssigkeitssäule erreicht man, daß das Wasser im Rohr ungefähr die gleiche Temperatur hat, wie in den Gefäßen. Dann wird nochmals angesaugt, der Quetschhahn geschlossen und mittels Papierbandmaß die Säulenhöhe von Niveau zu Niveau gemessen. Spiegelmaßstäbe sind nicht erforderlich, da man die Blicklinie als Tangente des Meniskus genügend fixieren kann. Dann öffnet man den Quetschhahn und mißt die Temperaturen der beiden Flüssigkeiten.

Tabellen über das spez. Gew. des Wassers von 0—30° finden sich im Kohlrausch. Von 30—100° kann man sie sich leicht selbst auf Grund der dort ebenfalls abgedruckten Volumentabelle berechnen.

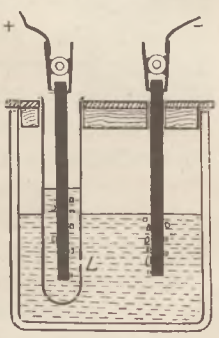
Als eigene Resultate ergaben sich z. B.

spez. Gew. des Wassers bei	85°	0,970
„ „ „ „ „	66	0,977

Einfacher elektrolytischer Unterbrecher für Funkeninduktoren.

Von Wilhelm Grosch in Sondershausen.

Nach einigen vergeblichen Versuchen, ohne Platin einen Wehneltunterbrecher herzustellen, gelang mir die Herstellung eines trotz seiner Billigkeit gut und sicher arbeitenden Simonunterbrechers (Weinhold 863) auf folgendem einfachen Wege: In den unteren Teil eines weiten, gewöhnlichen Probierröhrchens wird ein feines Loch (L) von etwa $^1/_2$ mm Durchmesser gebohrt; zu diesem Zwecke bringe man die Spitze einer feinen Eisennadel in der Bunsenflamme zum Glühen und bohre sie drehend in eine eben bis zum Weichwerden erwärmte Stelle des dünnwandigen Röhrchens. Dieses Röhrchen bringt man in ein kleines Glasgefäß mit Schwefelsäure von 30%. Als Elektroden dienen dünne Kohlenstifte für Bogenlampen oder Bleistreifen; die eine kommt in das Röhrchen, die andere in das Glasgefäß. Zur Anlegung des Stromes kann man Strumpfhalterklammern, die an Drähte gelötet sind, verwenden.



Bei 220 Volt Gleichstrom erhielt ich mit einem 12 cm-Induktor direkt hinter 50 Ohm prächtige Funkenbänder von 7 cm Länge und Röntgenbilder von großer

Lichtstärke. Einfache Röntgenröhren darf man bei elektrolytischer Unterbrechung nur in kurzen Zeitabschnitten leuchten lassen, weil sich die Antikathode stark erhitzt. Auch ein kleiner Induktor konnte mit dem beschriebenen Unterbrecher betrieben werden; bei ganz kleinen Induktoren muß man eine Spule zwischenschalten, da elektrolytische Unterbrecher nur bei genügender Selbstinduktivität des Stromkreises ansprechen (vgl. Müller-Pouillet V, 803). Um die Brauchbarkeit auch für niedere Spannungen zu prüfen, wandte ich Nebenschlußschaltung an, bei 70 Volt arbeitete der Unterbrecher schon gut.

Das Probierrohr muß ein gutes Stück aus der Säure herausragen und darf nicht eng sein, weil sonst die Säure im Innern des Rohres durch die aufsteigenden Gasblasen zum Überlaufen gebracht wird und der Strom dann einen bequemeren Weg findet. Die Stromrichtung ist für den Lochunterbrecher nicht wesentlich, doch ist es wegen der geringeren Gasentwicklung besser, die Anode in das Röhrchen zu legen.

Elektrische Schwingungen gekoppelter Systeme.

Von S. Janß in Uetersen (Holstein).

Elektrische Schwingungen in resonierenden, eng gekoppelten Schwingungskreisen lassen sich nach der Methode von Feddersen mit erheblich einfacheren Mitteln analysieren als von mir in der *Phys. Zeitschrift XIV, 896, 1913* angegeben.

Primär- und Sekundärkreis, Fig. 1, enthalten je eine Leidener Flasche C_1 und C_2 von schätzungsweise 1000 cm Kapazität und eine Selbstinduktionsrolle L_1 und L_2

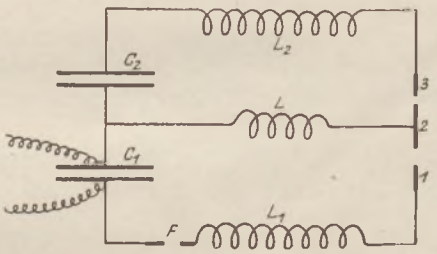


Fig. 1.

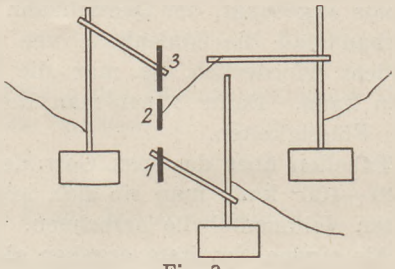


Fig. 2.

mit den Konstanten $l = 18{,}5$ cm, $d = 9{,}5$ cm, $n = 150$. Eine für beide Kreise gemeinsame Rolle L dient zur direkten Koppelung. Beide Funkenstrecken bestehen aus Kadmium. Die Sekundärfunkenstrecke ist sehr klein, die Primärfunkenstrecke etwa 2 mm lang. Zur Regulierung der Intensität der Primärschwingung dient zweckmäßig ein verdeckter Funke bei F. Die Anordnung der beiden Funkenstrecken ist schematisch in Fig. 2 wiedergegeben. Elektrode 2 ist ein kleines Kadmiumstäbchen von ca. 5 mm Länge; sie ist mit dem gemeinsamen Zuleitungsdraht für beide Kreise fest verbunden und mittels dieses Drahtes an einem Stativ befestigt. Die Elektroden 1 und 3 können von Fußklemmen gehalten werden. Der rotierende Spiegel besteht aus einem gewöhnlichen Glassilberspiegel von 4×7 qcm. Er ist mit dünnem Draht von 0,5 mm an der Achse einer alten Magnetelektrisiermaschine befestigt und macht bei Handbetrieb bis zu 40 Umläufen in der Sekunde.

Der Primärkreis wird durch einen Induktor von 10 cm Schlagweite geladen. Dann ist die Zahl der Funken so groß, daß der in den Spiegel schauende Beobachter zu jeder Zeit Bilder sieht; auch können gleichzeitig mehrere beobachten. Nach einiger Übung erkennt man:

1. In beiden Kreisen verlaufen die Schwingungen in Form von Schwebungen[1]); — die einzelnen Schwingungen sind nicht zu erkennen. 2. Das Maximum der Amplitude in dem einen Kreis fällt zeitlich mit dem Minimum im andern Kreis zusammen.

[1]) Diese Zeitschrift 25, 73 (1912): Spies, Versuche über elektrische Schwebungen.

3. Der Primärkreis beginnt mit einem Maximum, der Sekundärkreis mit einem Minimum. —

Auch die Wirkung der Löschfunkenstrecke läßt sich so demonstrieren. Dieselbe ist sechsfach unterteilt, Fig. 3. Sie besteht aus Knöpfen von früheren Infanterieröcken. Zu zweien zusammengelötet, wurden sie erwärmt in eine Unterlage von Siegellack eingedrückt. Die Teilfunkenstrecken betragen etwa $^1/_4$ mm. Die Löschfunkenstrecke befand sich bei *F*, Fig. 1. Für die Analyse war wieder die oben beschriebene Kadmiumfunkenstrecke, jetzt etwa 1 mm lang, vorhanden.

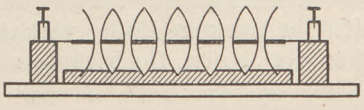


Fig. 3.

Im Spiegel sieht man sofort, daß das Band des Primärfunkens erheblich kürzer ist als das des Sekundärfunkens. In Fig. 4 sind zwei Bilder durch Zeichnung wieder-

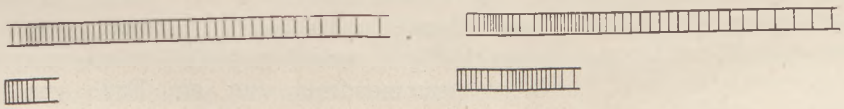


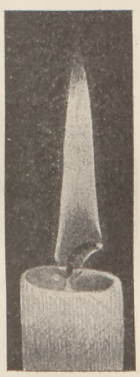
Fig. 4.

gegeben, wie sie bei genauerer Betrachtung erscheinen. Die Löschwirkung tritt im allgemeinen nicht nach der ersten halben Schwebung des Primärfunkens ein, sondern erst nach $1^1/_2$ Schwebungen. Es ist das wohl die Folge der mangelhaften Löschfunkenstrecke und der zur Analyse dienenden Funkenstrecke aus Kadmium.

Bemerkung über die Kerzenflamme.

Von Prof. Dr. **Vladimir Njegovan** in Zagreb (Jugoslavien).

Fast in jedem Lehrbuche der Chemie findet sich auch die Kerzenflamme abgebildet. In den Lehrbüchern, welche mir bei der Hand sind (HOLLEMAN, MENDELEJEV, STÄHLER, SWARTS, OPPELT), ist diese Flamme unrichtig gezeichnet, nur in dem Lehrbuche der chemischen Technologie von OST befindet sich eine halbwegs gut, wenn auch stark stilisiert gezeichnete Flamme. Die Folge dieser unrichtigen Zeichnung ist, daß sich der Schüler an der natürlichen Flamme nicht orientieren und die verschiedenen Schichten nicht unterscheiden kann. Da man bei der Vorlesung nicht leicht direkt die Flamme demonstrieren kann, weil sie zu klein ist, hilft man sich mit der Zeichnung an der Tafel, die unter der Suggestion der Abbildung im Lehrbuche gewöhnlich auch unrichtig gezeichnet wird.



Ich bringe beiliegend eine Zeichnung der Kerzenflamme nach der Natur, an welcher alle Teile deutlich zu unterscheiden sind. Der äußerste Flammenmantel ist absichtlich etwas zu hell gezeichnet. In der Natur kann man ihn kaum sehen, er wird sichtbar gemacht, indem man den dem Zündkopf entgegengesetzten Teil eines Zündhölzchens der Flamme vorsichtig nähert. In der Entfernung von 2—3 mm entzündet sich das Holz — ein Zeichen, daß es in dem unsichtbaren heißen Teil der Flamme angelangt ist.

Aus der Zeichnung ersieht man, daß der innere dunkle Kegel nicht „dunkel", sondern „durchsichtig" ist, weil man den Kerzenrand dadurch sieht. Die blaue Flammenbasis ist auch in der Zeichnung angedeutet.

Ein weiterer Fehler fast aller dieser Zeichnungen ist, daß der Docht ganz gerade gezeichnet wird, während er bei den modernen Stearinkerzen tatsächlich immer stark gebogen ist. Diese Biegung des Dochtes hat den großen Wert, daß das Ende des Dochtes in den äußeren heißesten Flammenteil gelangt, dort verbrennt und so die

Bildung der „Schnuppe“ vermieden wird[1]). Diese Biegung wird bekanntlich dadurch hervorgerufen, daß der Docht nicht gedreht, sondern geflochten wird und mit gewissen Salzen imprägniert wird. Diese Vorrichtung kann nur bei den Stearinkerzen verwendet werden, da Wachs bzw. Talg durch den umgebogenen Docht unregelmäßig schmelzen würde, was gelegentlich auch bei den Stearinkerzen, wenn auch nicht in starkem Maße, vorkommen kann.

Kgl. techn. Hochschule zu Zagreb (Jugoslavien).

Für die Praxis.

Ein einfaches Ringankermodell. Von **Friedrich C. G. Müller.** Ein 1 cm breiter, 20—30 cm langer Streifen von dünnem Eisenblech wird nach Umklebung mit Papier mit einer Lage umsponnenen 0,5 mm-Drahts bewickelt, aber so, daß in der Mitte eine etwa 10 cm lange Schleife B, Fig. 1, auswärts bleibt, welche man nachher zusammendreht und am Ende von der Bespinnung befreit. Werden die beiden Enden A und A_1 der Wicklung mit einer Stromquelle verbunden, so entsteht ein gewöhnlicher Stabmagnet, leitet man den Strom aber in der Mitte ein und an den beiden Enden aus, so entstehen außen zwei gleichnamige Pole, in der Mitte der entgegengesetzte Doppelpol. Nun kann man den Streifen zu einem Ringe zusammenbiegen und die beiden übereinander gebrachten Enden mittels einer Klammer aus zusammen geknicktem Eisenblech vereinigen, dann ergibt sich bei der ersten Stromzuführung ein polloser Ringmagnet, bei der zweiten ein zweipoliger Grammering, was durch Eintauchen in einen Haufen Eisenfeilicht oder feiner Eisenstifte sichtbar wird.

Die Darstellung von Sauerstoff durch Glühen von Braunstein im Glasrohr. Von **Friedrich C. G. Müller.** Aus historischen und geologischen Gründen ist es wünschenswert, im Unterricht zu zeigen, daß ein ziemlich massenhaft vorkommendes Mineral, wie der Braunstein, lose gebunden, durch bloßes Erhitzen austreibbaren Sauerstoff enthält. Der Ausführung eines Klassenversuchs stellt sich aber die Schwierigkeit entgegen, daß wegen der erforderlichen hohen Temperatur Glasgefäße nicht verwendbar erscheinen. Er gelingt indessen mit gewöhnlichen schwerschmelzenden Röhren, wenn man sie unter schwachem Unterdruck hält. Ein etwa 15 cm langes, 1,5 cm weites, dickwandiges, an einem Ende zugeschmolzenes Rohr, wird steil eingespannt und mittels durchbohrten Stopfens, Röhrchens und Schlauchs mit einer auf Saugen gestellten Tauchglocke verbunden. Man beschickt es mit 5 g Pyrolusit, welche eine nur wenige Zentimeter hohe Schicht ergeben. Diese erhitzt man mittels einer kräftigen Glasbläserlampe so hoch wie möglich, worauf binnen wenigen Minuten etwa 250 ccm Sauerstoff, also ungefähr die Hälfte von derjenigen Menge austreten, welche bei Weißglut nach der Gleichung $3\,MnO_2 = Mn_3O_4 + O_2$ entbunden werden. Das Glas erweicht zwar, wird aber durch das unschmelzbare Oxyd am Zusammenfließen verhindert.

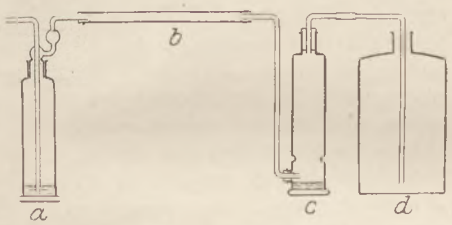
Durch eine ähnliche Versuchsanordnung werden auch andere Glühreaktionen in Glasröhren ausführbar, z. B. die Reduktion der Schwermetalle mittels Kohle.

[1]) *Anm. der Red.* Die Darstellung dieses Sachverhaltes unter Zugrundelegung fast genau der gleichen Figur (nur schematisch und im Längsschnitt, der beiläufig noch weitere Vorteile gewährt) findet sich bereits in: O. Ohmann, Leitfaden der Chemie und Mineralogie (Berlin, Winkelmann u. Söhne), und zwar seit der 3. Aufl. (1904), in der letzten Aufl. (7., 1921) S. 79, Fig. 94.

Freihändige Bestimmung der Schallgeschwindigkeit. (Verändertes Kahlsches Verfahren.) Von **H. Hermann** in Tübingen. Ein Korridor wurde mit Dekameterteilung versehen. Es wurde eine Schallquelle ausfindig gemacht, deren Echo deutlich wahrnehmbar war. Jagdpfeife und Glocke waren ungeeignet; der Taktschläger erforderte ein Hörrohr; ohne ein solches eignete sich der Schlag mit einem Eisenstück (besser als Hammer) auf einen kleinen Amboß. Durch einzelne Schläge wurde der Zeitabstand des Echos möglichst dem Gedächtnis eingeprägt. Hierauf begann man im doppelten Zeitabstand regelmäßig auf den Amboß zu schlagen, so daß das Echo diesen Abstand immer halbierte. Nachdem hierin Gleichmäßigkeit erreicht schien, wurde die Zahl der Schläge in 5 oder 10 oder 30 Sekunden abgezählt. Sie betrug z. B. bei 51 m Korridorlänge 16 in 10 Sekunden; bei 40 m Abstand vom Ende 20. Der Schall durchlief somit 102 m in 10/32 Sekunden; 80 m in 10/40 Sekunden. Hieraus ergab sich seine Geschwindigkeit zu 323 bzw. 320 m/sec.

Einwirkung von Chloroform auf Leuchtgas. Von **F. Brandstätter** in Wien. Bei gewöhnlicher Temperatur findet keinerlei Einwirkung dieser Stoffe aufeinander statt, doch bei Glühhitze vereinigt sich das reichliche Chlor des Chloroforms nicht bloß mit dem freien, sondern auch mit dem gebundenen Wasserstoff des Leuchtgases zu Chlorwasserstoff und es wird eine große Menge von Kohlenstoff ausgeschieden:

$$H_2 + CHCl_3 = 3\,HCl + C$$
$$CH_4 + 2\,CHCl_3 = 6\,HCl + 3\,C$$



Um dies zu zeigen, leitet man einen langsamen Leuchtgasstrom durch etwas Chloroform in der kleinen Waschflasche *a* (s. Fig.) und das hier erhaltene Gemenge von Leuchtgas und Chloroformdampf in das schwer schmelzbare Glasrohr *b*, von hier in den mit etwas Salmiakgeist beschickten Trockenturm *c* und schließlich in die große Flasche *d*.

Wird nun das Rohr *b* in seinem mittlern Teile durch die Breitflamme eines Gasbrenners erhitzt, so beginnt hier alsbald, meist unter schwacher Feuererscheinung, die Bildung des Chlorwasserstoffs und die Abscheidung des Kohlenstoffs, worauf im Trockenturm *c* durch die Einwirkung des Chlorwasserstoffs auf das Ammoniak die Bildung eines dichten Salmiakrauches beobachtet werden kann, der, hier aufsteigend, schließlich auch die Flasche *d* von unten nach oben anfüllt. Nach Abschluß des kaum einige Minuten in Anspruch nehmenden Versuches erscheint der im erhitzt gewesenen Teile der inneren Glaswand von *b* abgesetzte Kohlenstoff als glänzend schwarzer, sich leicht abblätternder Überzug, während die stromab gelegenen Stellen der Glasrohrwand einen matten, mehr rußartigen Belag aufweisen.

Ein Schülerversuch zur Analyse der Luft. Von **W. Franck** in Hamburg, O.-R. Uhlenhorst. In eine 25 cm lange, einseitig zugeschmolzene Glasröhre von ungefähr 30 ccm Inhalt werden 0,15 g Blattkupfer so locker gefaltet hineingeschoben, daß die Luft überall ungehindert hindurchfließen kann. Dann wird die Röhre in ein Gefäß mit Wasser gestellt und mit einem Schlauch so viel Luft herausgesogen, daß das Wasser einige Zentimeter hoch in sie hineinsteigt. Das Kupfer darf nicht mit Wasser benetzt werden. Nachdem man 25 Minuten lang die Röhre von außen erhitzt hat, kann man eine Verringerung der Luft um 18—20% feststellen. Die Abnahme der Luftsäule kann man mit einem außen angelegten Zentimetermaß messen lassen, da der Rauminhalt des Blattkupfers so gering ist, daß er vernachlässigt werden kann.

Eine ähnliche Versuchsanordnung, bei der statt Blattkupfer Stahlwolle verwendet wird, ist von O. OHMANN in dieser Zeitschr. *1912*, *361* beschrieben worden.

Berichte.

2. Forschungen und Ergebnisse.

Neuere Arbeiten über Phosphoreszenz. Originalbericht von HARRY SCHMIDT. Zweck des vorliegenden Berichtes ist es, eine früher in dieser Zeitschrift (29, S. 150—156; 1916) gegebene zusammenfassende Darstellung der Phosphoreszenzerscheinungen durch Besprechung der seither erschienenen Arbeiten[1]) zu vervollständigen. Die Bekanntschaft mit jenem früheren Bericht wird daher bei dem Leser vorausgesetzt. Nach der dort zugrunde gelegten Lenardschen Theorie besteht der erregte Zustand eines Erdalkalisulfid-Phosphors darin, daß die „lichtelektrischen Elektronen" aus ihren Metallatomen entwichen sind und in der Umgebung, etwa vom Schwefelatom, festgehalten werden; die Rückkehr derselben bewirkt das Leuchten, das aber nicht von ihm selber, sondern von den Emissionselektronen des Metallatoms herrührt (a. a. O. S. 153). Die Darstellung beschränkt sich im übrigen auf diejenigen Tatsachen, die für die Lenardsche Phosphoreszenztheorie wesentlich sind. Bezüglich weiterer Einzelheiten muß auf die zumeist außerordentlich inhaltreichen Originalarbeiten sowie auf die ausgezeichnete Schrift von Peter Pringsheim: „Fluoreszenz und Phosphoreszenz im Lichte der neueren Atomtheorie" (1921) verwiesen werden (vgl. ds. Heft S. 95). Ferner sei erwähnt, daß vom Referenten in einer Notiz in den „Naturwissenschaften" (*Jahrg. 6, S. 641; 1918*) auseinandergesetzt wurde, wie sich auf Grund der Lenardschen Theorie nicht nur die Vorgänge der Fluoreszenz und Phosphoreszenz, sondern überhaupt sämtliche Lumineszenzerscheinungen einheitlich deuten lassen (vgl. auch H. Schmidt, *Phys. Zs.* **19**, *S. 399; 1918*).

Die grundlegenden Phosphoreszenzuntersuchungen Lenards wurden an Erdalkalischwefelphosphoren ausgeführt, das heißt Präparaten, die außer dem wirksamen Metall und dem Schmelzzusatz das Sulfid eines der Erdalkalimetalle Calcium, Strontium und Barium enthalten. Schon früher war zunächst von W. E. Pauli (14) und später ausführlicher von F. Kittelmann (26) der Nachweis erbracht worden, daß sich der Schwefel in den Erdalkalisulfidphosphoren durch Selen ersetzen läßt. Ferner gelang J. Hirsch (16) die Präparation von Erdalkalisauerstoffphosphoren, und ebenso darf wohl die Existenz von Erdalkalitelluridphosphoren mit Sicherheit erwartet werden. Von F. Schmidt (29) wurden die Erdalkalisauerstoffphosphore einer eingehenden Experimentaluntersuchung unterworfen und die Eigenschaften entsprechender Erdalkalisauerstoff-, schwefel- und -selenphosphore miteinander verglichen. Im allgemeinen fanden sich dabei viele Ähnlichkeiten im Verhalten der drei Phosphorgattungen, die zu dem Schluß berechtigen, daß die Lenardschen Vorstellungen über den Bau der Zentren sowie die Vorgänge bei der Lichtemission für alle drei Phosphorgattungen Gültigkeit haben. Was die Verschiedenheiten anbelangt, so zeigte sich zunächst, daß die Banden der Sauerstoffphosphore bei höheren, dagegen die der Selenphosphore bei tieferen Temperaturen auftreten als die der Schwefelphosphore. Ferner ergab sich, daß die Stellen hellsten Nachleuchtens der Dauererregungsverteilungen sowie die Emissionsbanden bei den Sauerstoffphosphoren zu kürzeren Wellen und bei den Selenphosphoren zu längeren Wellen gegenüber den Erregungsverteilungen und Emissionsbanden der Schwefelphosphore verschoben sind. Da nun in den entsprechenden Phosphoren jeder Gattung sowohl Erdalkalimetall als auch wirksames Metall identisch sind, so können diese Verschiebungen lediglich durch die Natur des spezifischen Atoms, das heißt des Sauerstoff-, Schwefel-, resp. Selenatoms, bedingt sein. Schon früher hat Lenard (10) betont, daß man zum Zwecke des Vergleichs analoger Banden in verschiedenen Phosphoren die Wellenlängen dieser Banden durch die Quadratwurzel aus der Dielektrizitätskonstante des betr. Phosphors dividieren müsse. Die alsdann sich ergebenden sogenannten absoluten Wellenlängen bedeuten dann diejenigen Wellenlängen, welche sich bei der Versetzung des emittierenden Metallatoms ins Vakuum ergeben würden. F. Schmidt (30) hat daher in einer weiteren Arbeit mit einer hinreichend empfindlichen Methode die Dielektrizitätskonstanten verschiedener Phosphore erneut (vgl. wegen früherer Messungen 7 und 22) gemessen. Dabei ergab sich, daß diese Konstanten bei den einzelnen Phosphoren stark voneinander abweichen. Insbesondere wurde gefunden, daß die Sauerstoffphosphore eine kleinere und die Selenphosphore eine größere mittlere Dielektrizitätskonstante als die Schwefelphosphore haben, was in der besten Übereinstimmung mit den oben mitgeteilten spektralen Verschiebungen der Erregungsverteilungen entsprechender Phosphoreszenzbanden beim Übergang von einer Phosphorgattung zu anderen steht. Bemerkenswert ist ferner die Tatsache, daß einander entsprechende Banden der Phos-

[1]) Diese Arbeiten sind am Schluß zusammengestellt, und zwar knüpft die Numerierung an das im früheren Bericht gegebene Verzeichnis an. Der Hinweis auf die einzelnen Arbeiten erfolgt im Text durch Anführung ihrer (eingeklammerten) Verzeichnisnummern.

phore unabhängig von der Art des wirksamen Metallatoms die gleichen absoluten Wellenlängen der Dauererregungsverteilung besitzen und daß für die bis jetzt gefundenen absoluten Dauererregungsverteilungen der Phosphore die Gültigkeit der für Licht- und Röntgenspektren zutreffenden Beziehungen nachgewiesen werden konnte.

Daß auch das phosphoreszenzfähige Zinksulfid zur Reihe der Phosphore zu zählen ist, wurde schon frühzeitig von Lenard (3; 10) hervorgehoben. Indessen fehlte bisher eine zuverlässige Methode zur gleichmäßigen Herstellung von Zinksulfidphosphoren. Diese Lücke wird durch eine Arbeit von R. Tomaschek (31) ausgefüllt. Es zeigte sich, daß mit zunehmender Reinheit der Ausgangsstoffe die Phosphoreszenz der ohne besonderen Metallzusatz erhaltenen Präparate bis zur Unmerklichkeit herabsinkt. Setzt man dann zu einem solchen reinen Präparat vor dem Glühen nur 0,000006 g Kupfer hinzu, so erhält man ein prachtvoll phosphoreszenzfähiges Präparat, wodurch die Notwendigkeit der Anwesenheit von Schwermetallspuren auch für die Zinksulfidphosphore erwiesen ist. Aber auch die Schmelzzusätze sind zur Erzielung intensiven Nachleuchtens erforderlich. Interessant ist die von E. Tiede und A. Schleede (32 u. 33) gemachte Feststellung, daß dieser schmelzbare Zusatz durch direktes Schmelzen des Zinksulfids ersetzt werden kann.

Von größtem Wert für das gesamte Phosphoreszenzproblem ist eine umfangreiche, in vier einzelnen Teilen veröffentlichte Arbeit Lenards (28), welche die Auslöschung der Phosphore durch Licht zum Gegenstand hat. Bereits frühere Untersuchungen hatten gezeigt, daß diese auslöschende Wirkung keineswegs auf das rote oder ultrarote Licht beschränkt ist, wie man's wohl zuvor zumeist geglaubt hatte. Vielmehr kommt jeder einzelnen Phosphoreszenzbande eine besondere, ihr allein eigentümliche Auslöschungsverteilung zu, deren Wellenlängen von den erregten Zentren kräftig absorbiert werden. Auf diese Weise erfahren jene Zentren eine molekular-lokale Temperaturerhöhung, und damit steht in der besten Übereinstimmung, daß die Wirkung solcher auslöschenden Absorption im wesentlichen der Wirkung einer allgemeinen Temperaturerhöhung durch Erwärmung des ganzen Phosphors gleichkommt; es geht nämlich in beiden Fällen der Auslöschung ein stärkeres Aufleuchten voraus. Während aber bei einer vollständigen Auslöschung durch Erwärmung des Phosphors die ausgetriebene Lichtsumme unabhängig vom Einzelverlauf der Temperaturerhöhung stets gleich derjenigen Lichtsumme gefunden wurde, welche bei unveränderter Temperatur im Verlaufe von genügend langer Zeit entweicht, konnte Lenard in der vorliegenden Arbeit bei der Auslöschung durch Licht einen oft sehr auffälligen Fehlbetrag der Lichtsumme feststellen. Dieser Auslöschungsvorgang durch Licht setzt sich daher aus zwei voneinander wesentlich verschiedenen Prozessen zusammen, nämlich erstens der sogenannten Ausleuchtung, das heißt beschleunigter Abgabe von Licht, verursacht durch molekular-lokale Temperaturerhöhung, und zweitens der sogenannten Tilgung, bei der im Gegensatz zur Ausleuchtung Lichtsumme vernichtet wird. Es gelang nun Lenard, die quantitative Trennung von Ausleuchtung und Tilgung an der Bande α der Ca Bi-Phosphore experimentell durchzuführen. Dabei wurde gefunden, daß beide Prozesse einen ganz verschiedenen spektralen Verlauf nehmen. Zwar wachsen beide vom Ultrarot gegen die kurzen Wellen hin an (im schroffsten Gegensatz zu der bisher verbreiteten Angabe, daß die auslöschende Wirkung des Lichtes vorwiegend oder gar ausschließlich im Ultraroten liegt), allein dieses Anwachsen erfolgt in durchaus verschiedener Weise. Was zunächst die Ausleuchtung anbelangt, so beginnt diese schon bei etwa 1500 $\mu\mu$ langsam zu wachsen; sie wird stark bei etwa 800 $\mu\mu$, worauf sie dann weiterhin nur noch geringe Schwankungen zeigt. Die Tilgung dagegen bleibt bis zu etwa 1050 $\mu\mu$ fast unmerklich, beginnt alsdann ihren Anstieg und besitzt zwei Maxima bei 876 $\mu\mu$ resp. 766 $\mu\mu$, zwischen denen ein Minimum bei 826 $\mu\mu$ liegt. Ferner ist für die Tilgung ein starkes Ansteigen gegen das Ultraviolette hin charakteristisch. Es erscheint somit angebracht, zwei verschiedene Teile der Tilgung zu unterscheiden, welche kurz als langwellige resp. kurzwellige Tilgung bezeichnet werden. Die erstere umfaßt die beiden Maxima im Ultraroten, die letztere den breiten Anstieg gegen das Ultraviolette hin, doch greifen beide ineinander über und machen in ihrer Überlagerung die Gesamttilgung aus. Diese Gesamttilgung erinnert auffällig an die Erregungsverteilung, bei der ebenfalls zwei entsprechende Teile gefunden wurden, nämlich der d-(Dauer-) Prozeß und der u (Ultraviolett-) Prozeß. Wie die langwellige Tilgung, so hat auch die ihr analoge d-Erregung charakteristische aneinandergrenzende Maxima, deren Breite etwa gleich ihrem Abstande ist, und dieselben stehen in beiden Fällen am langwelligen Ende der Gesamtverteilung. Entsprechend analog sind die kurzwellige Tilgung und die u-Erregung, indem sie beide in sehr breitem und starkem Anstieg gegen das Ultraviolett hin verlaufen, wo sie ihren Hauptsitz haben, während ihre Anfänge mit den Maxima der betreffenden erstgenannten Teile zusammenfallen. Hat somit jeder der beiden voneinan-

der verschiedenen Vorgänge seine besondere spektrale Verteilung, so haben an die Stelle der einheitlichen Auslöschungsverteilung zweckmäßig die getrennten spektralen Ausleuchtungs- und Tilgungsverteilungen zu treten. Derartige Messungen wurden von Lenard an einigen Banden durchgeführt, worüber im III. Teil der Arbeit neben den sehr mannigfaltigen Einzelerscheinungen bei der Ausleuchtung und der Tilgung ausführlich berichtet wird.

Was sodann die Vorstellungen anbelangt, die Lenard sich von dem Mechanismus der Tilgungs- und Ausleuchtungsvorgänge gebildet hat, so lassen sich diese folgendermaßen kurz zusammenfassen. Die langwellige Tilgung soll durch Resonanz des polarisierten Zentrums „Metallatom-aufspeicherndes Atom" mit dem tilgenden Licht zustande kommen, wobei das aufgespeicherte Elektron ohne jede Energieaufhäufung, also lediglich nach Absorption eines tilgenden Lichtquants, abgetrennt wird und zu seinem Mutteratom zurückkehrt. Die kurzwellige Tilgung soll durch freie Elektronen bewirkt werden, welche unter dem Einfluß des tilgenden Lichtes wahrscheinlich aus den Schwefelatomen des Phosphors lichtelektrisch entweichen. Dagegen soll bei der über das ganze sichtbare Spektrum verteilten Ausleuchtung die Energieaufnahme durch das ganze polarisierte Zentrum erfolgen, wobei die Energie als Wärmebewegung im Zentrum aufgespeichert wird, bis die Abtrennung des aufgespeicherten Elektrons in bekannter Weise durch Nähewirkung erfolgt, unter Emission der für das Zentrum charakteristischen Bande.

Auf die Arbeiten von B. Gudden und R. Pohl (34—38) über die lichtelektrischen Eigenschaften der Zinksulfidphosphore kann leider aus Mangel an Raum nicht näher eingegangen werden. Es sei nur erwähnt, daß es hierbei (36) gelungen ist, die von ihrem Metallatom abgetrennten Elektronen durch das Anlegen hinreichend starker elektrischer Felder zur beschleunigten Rückkehr zu zwingen, das heißt also erregte Phosphore durch elektrische Felder auszulöschen. Sehr interessant ist die weitere Feststellung (37), daß bei Bestrahlung eines erregten Phosphors mit ausleuchtendem Licht die dadurch bewirkte Vermehrung der pro Zeiteinheit zurückkehrenden Elektronen unmittelbar in einer Erhöhung der Leitfähigkeit des Phosphors in Erscheinung tritt.

Literaturverzeichnis.

28. P. Lenard, Über Ausleuchtung und Tilgung der Phosphore durch Licht. Teil I—IV. Sitzungsber. d. Heidelberger Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, 1917, 5. und 7. Abhandlung; ebendort, 1918, 8. und 11. Abhandlung.
29. F. Schmidt, Die Erdalkalisauerstoffphosphore. Ann. d. Phys. 63, 264 (1920).
30. F. Schmidt, Über die Dielektrizitätskonstanten der Phosphore und die absoluten Wellenlängen ihrer Dauererregungsverteilungen. Ann. d. Phys. 64, 713 (1921).
31. R. Tomaschek, Über die Zinksulfidphosphore. Ann. d. Phys. 65, 189 (1921).
32. E. Tiede u. A. Schleede, Kristallform, Schmelzmittel und tatsächlicher Schmelzvorgang beim phosphoreszierenden Zinksulfid. Chem. Ber. 53, 1721 (1920).
33. A. Schleede, Über die Bereitungsweise der Sidotblende und die Darstellung und die Phosphoreszenz geschmolzenen Zinksulfids. Diss. Berlin 1920.
34. B. Gudden und R. Pohl, Zur Kenntnis der Sidotblende. Zeitschr. f. Phys. 1, 365 (1920).
35. — — Lichtelektrische Beobachtungen an Zinksulfiden. Zeitschr. f. Phys. 2, 181 (1920).
36. — — Über Ausleuchtung der Phosphoreszenz durch elektrische Felder. Zeitschr. f. Phys. 2, 192 (1920).
37. — — Lichtelektrische Leitfähigkeit und Phosphoreszenz. Zeitschr. f. Phys. 3, 98 (1920).
38. — — Die lichtelektrische Leitfähigkeit von Zinksulfidphosphoren. Zeitschr. f. Phys. 4, 206 (1921).

3. Geschichte und Erkenntnislehre.

Relativitätstheorie und Erkenntnistheorie. Von Alois HÖFLER in Wien. Unsere Zeitschrift darf und muß auf Zeit- und Streitfragen der wissenschaftlichen Physik immer nur soweit eingehen, als solche Fragen auch den Lehrer und durch ihn die Schule irgendwie berühren. Das kann nun bei der Relativitätstheorie immer nur eine sehr mittelbare Berührung sein, wie hoch die Wogen des Streites auch außerhalb der Schule gehen. Unsere Zeitschrift hat daher zwar seit Jahren über sehr zahlreiche Schriften zu dieser Frage mehr oder weniger eingehend berichtet, Originalaufsätze aber für oder gegen die Relativitätstheorie zu bringen, hat sie sich grundsätzlich versagt.

Nur über eines sollte sich ebenso jeder Lehrer wie jeder Forscher klar sein, wenn er wie auch immer Stellung nimmt zur Relativitätstheorie als einer, sei es physikalischen, sei es mathematischen Theorie: ob er sich dieses Stück Mathematik oder Physik abhängig oder unabhängig denkt von was immer für einem Stück Philosophie, also auch insbesondere von Erkenntnistheorie.

Meine persönliche Ansicht über diese sehr spezielle Frage eines gesunden Verhältnisses von Naturwissenschaft und Philosophie habe ich jetzt vor einem Jahr öffentlich ausgesprochen[1]). Was ich damals in den für das wissenschaftliche Wien an- und aufregenden Tagen von „Einsteins Gegenwart" gesagt habe, nämlich, daß das, was an der Relativitätstheorie mathematisch oder naturwissenschaftlich haltbar bleiben oder werden soll, sich unabhängig von aller Erkenntnistheorie müsse darstellen lassen — diese These unterbreite ich den physikalisch-didaktischen Lesern

[1]) Neues Wiener Abendblatt vom 8. Febr. 1921.

dieser Zeitschrift zur Widerlegung oder Zustimmung. Zu diesem Zwecke teile ich aus jenem Aufsatz folgende Sätze mit:

„Einstein hat uns am 10. Januar 1921 wieder den Ausgangsgedanken seiner Relativitätstheorie von 1905, die „Relativität der Zeit", ganz ähnlich entwickelt wie in seiner „Allgemein verständlichen Darstellung" (Vieweg 1919 und später): In zwei Telegraphenstangen sieht ein gleich weit von ihnen Stehender gleichzeitig den Blitz einschlagen. Bewegt er sich aber mit einer Geschwindigkeit von der Größenordnung der Lichtausbreitung zur einen Stange hin, so sieht er den Blitz etwas früher einschlagen. Also — „definiert" der Relativitätstheoretiker: das Einschlagen ist nicht mehr „an sich" gleichzeitig, sondern für den Ruhenden ist es gleichzeitig und zugleich für den Bewegten ungleichzeitig. Also derselbe Gedanke in etwas vergröberter Form: Ich wohne zwischen den Postämtern Penzing und Baumgarten. Diese haben den Auftrag, die erste Post gleichzeitig, zum Beispiel im Augenblick des Sonnenaufganges, auszutragen. In meiner Ungeduld geh' ich aber dem Penzinger Boten entgegen und erhalte also aus seiner Hand den Brief früher als aus der des anderen Boten. Also — sind die Briefe nicht gleichzeitig ausgetragen worden. Berufen sich die beiden Amtsvorstände darauf, daß sie wirklich im Augenblick des Sonnenaufganges ihre Boten ausgesendet haben, so widerlegt sie der Relativitätstheoretiker durch seine „Definition" der Gleichzeitigkeit: Nicht einmal die eine Sonne sei für den ungeduldig Gehenden gleichzeitig aufgegangen wie für den geduldig Stehenden und Wartenden. Oder vielleicht gibt es zwei Sonnen oder — keine . . . ?

Was sagt das große Publikum zu dieser Gleichsetzung von Sehen und Sein eines Ereignisses? Es ist eine Frage der Erkenntnistheorie, auf die schon der schottische Bischof Berkeley, der erste unerschrockene erkenntnistheoretische Idealist Anfang des 18. Jahrhunderts, geantwortet hat durch sein „Esse est percipi", Sein ist Wahrgenommenwerden. Wer sich nun dieser Art Idealismus, gegen den sich sogar der transzendentale Idealist Kant heftig gewehrt hat, nicht anschließen mag, kann sich auch der Relativitätstheorie von 1905 nicht anschließen. . . . Aber steht und fällt denn diese physikalische Theorie wirklich mit jener paradoxen Erkenntnistheorie? — Meiner Abhandlung der Wiener Akademie (1920) „Naturwissenschaft und Philosophie" habe ich die beiden Verfassungsgrundsätze vorangestellt: Naturwissenschaft ist ganz unabhängig von Philosophie, Philosophie ist vielfach abhängig von Naturwissenschaft. Meinerseits wiederhole ich mein Bekenntnis und meine Forderung: Die Relativitätstheorie, nämlich das, was an ihr mathematisch und naturwissenschaftlich haltbar bleiben oder werden soll, muß uns einmal unabhängig dargestellt werden von aller Erkenntnistheorie."

Wien, 15. Januar 1921.

Damit wir aber aus der These „Relativität der Zeit" nichts heraushören, was zwar immer wieder gesagt, aber von den exakten Kennern nicht eigentlich gemeint wird, so teile ich hier mit, daß mein verehrter Kollege S. Oppenheim (o. ö. Professor der Astronomie an der Universität Wien, dem die Leser meiner Didaktik der Himmelskunde dankbar für seine „Blütenlese" von Unsinnigkeiten aus approbierten Lehrbüchern der astronomischen Geographie sind) mir sagte: Gemeint ist nur „Relativität der Zeitmessung", nicht der Zeit selbst. Relativisten und uneingestandene Idealisten wie Moritz Schlick könnten freilich auch ein solches Unterscheiden zwischen wirklicher Zeit und Zeitmessung nicht zugeben. Denn Schlick definiert („Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik", 3. Aufl., 1920, S. 23): „Nur was meßbar ist, besitzt sicher Realität oder . . . physikalische Gegenständlichkeit". Das mag einem auf den physikalischen Gesichtskreis beschränkten Denken und Sprechen genügen; einer halbwegs umsichtigen Erkenntnistheorie genügt es ganz und gar nicht; was hier nicht näher zu begründen ist. (Z. B. Bei der Schwierigkeit, wenn nicht, trotz Fechner, Unmöglichkeit einer Messung des Psychischen wäre dieses Psychische unwirklich!!)

Nun erinnern sich die Leser unserer Zeitschrift aus meinem ausführlichen Rückblick auf Ernst Machs Philosophie (*ds. Zeitschr. 23, 1*), wie auch schon er die Zeit selbst und das Messen der Zeit durch den Drehungswinkel des Fixsternhimmels identifiziert hat (worauf ich einwendete: Wenn die Zeit nichts ist als der Winkel, den der Meridiansektor im Raum beschreibt — warum ist dann nicht auch eine Stromstärke nur der Winkel am Galvanometer? Hat so Ernst Mach, dem unsere Zeitschrift didaktisch so Wertvolles verdankt, zum Verwischen der Grenzen zwischen Wirklichsein und Meßbarsein, also letztlich überhaupt zwischen Sein und Denken, verleitet, so lesen wir jetzt mit um so größerer Verwunderung an der Spitze der lange erwarteten, soeben (Ende 1921) erschienenen posthumen „Physikalischen Optik" (Vorwort vom Juli 1913) Machs Worte: Ich habe mich „ . . . entschlossen, diesen Teil des Buches zunächst dem Druck zu übergeben, wogegen in einem weiteren Teil die Strahlung, der Ablauf der Lichtemission, die Maxwell sche Theorie nebst der Relativität kurz behandelt wird . . . Es wäre wünschenswert, wenn der . . . zweite Teil bald

zur Veröffentlichung käme; ich aber bin genötigt, bei dieser wohl letzten Gelegenheit meine Anschauungen über die Relativitätslehre zu streifen. — Den mir zugegangenen Publikationen und vor allem meiner Korrespondenz entnehme ich, daß mir langsam die Rolle des Wegbereiters der Relativitätslehre zugedacht wird. Nun kann ich mir heute ein ungefähres Bild davon machen, welche Umdeutungen und Auslegungen manche der in meiner Mechanik niedergelegten Gedanken von dieser Seite in Zukunft erfahren werden. — Wenn Philosophen und Physiker den Kreuzzug gegen mich predigten, so mußte ich dies natürlich finden, und ich war damit ganz einverstanden, denn ich war, wie ich dies wiederholt dargetan habe, auf den verschiedenen Gebieten doch nur ein unbefangener Spaziergänger mit eigenen Gedanken, muß es aber nun mit derselben Entschiedenheit ablehnen, den Relativisten vorangestellt zu werden, mit welcher ich die atomistische Glaubenslehre der heutigen Schule oder Kirche für meine Person abgelehnt habe. — Warum aber und inwiefern ich die heutige mich immer dogmatischer anmutende Relativitätslehre für mich ablehne, welche sinnesphysiologischen Erwägungen, erkenntnistheoretischen Bedenken und vor allem experimentell gewonnenen Einsichten mich hierzu im einzelnen veranlaßten, das soll in der Fortsetzung dieses Werkes dargetan werden. — Gewiß wird die auf das Studium der Relativität verwendete, immer mehr anschwellende Gedankenarbeit nicht verloren gehen, sie ist heute schon für die Mathematik fruchtbringend und von bleibendem Wert; wird sie sich aber in dem physikalischen Weltbild einer ferneren Zeit, das sich in eine durch mannigfache weitere neue Einsichten erweiterten Welt einzupassen hat, behaupten können, wird sie in der Geschichte dieser Wissenschaft mehr wie ein geistreiches Aperçu bedeuten?“

Mach hatte also hier noch zwischen Mathematik und Physik unterschieden. Bekanntlich sucht der Weylsche Zweig neuester Physiker die ganze Physik zu reklamieren für Geometrie — also auch die Grenze zwischen einer empirischen und einer überempirischen (apriorischen) Wissenschaft zu verwischen. Wäre es didaktisch wünschenswert, wenn auch unsere Schüler daran gewöhnt würden, diesen Unterschied nicht mehr zu spüren, nachdem wir uns so lange bemüht hatten, der deduktiven Mathematik die induktive Physik als etwas wesentlich anderes folgen zu lassen? War doch dieses Geltendmachen einer exakten empirischen Disziplin im ganzen Bildungswesen seit dem ersten Jahrgang (1887) — und meinem Leitartikel des zweiten Jahrganges, „Die humanistischen Aufgaben des physikalischen Unterrichtes“ (1888), der Leitgedanke unseres ganzen Unternehmens.

„Sollte sich schließlich ergeben, daß es sich bei der Relativitätstheorie, nach Machs Wort, nur um eine neue „Glaubenslehre“ handelt, so wäre das ein Grund mehr, eine Hineinziehung dieser Theorie in den Unterricht abzulehnen“ [1]). Wir Naturlehrer wollen doch etwas ganz anderes, als zu blindem Glauben anleiten.

Was dieses Andere ist, das sagt der Titel von FRIEDRICH POSKES kürzlich erschienener Abhandlung: „Die Naturwissenschaft als Erzieherin zum Wirklichkeitsdenken“ (Deutsche Revue XLVI, Dezemberheft 1921).

Wien, 17. Januar 1922.

[1]) „ “ Vom Herausgeber im Sinne des Verfassers eingefügt.

4. *Unterricht und Methode.*

Grundfragen der chemischen Methodik, erörtert an einigen neueren Veröffentlichungen. Originalbericht von O. OHMANN.

Durch die den chemischen Schulunterricht und seine Methodik betreffenden Besprechungen von Fachgenossen sowie durch die entsprechenden Veröffentlichungen der Fachzeitschriften in den letzten Jahrzehnten zieht sich wie ein roter Faden die Frage, ob für ein chemisches Schulbuch eine systematische oder methodische Stoffanordnung vorzuziehen sei. Die frühere Alleinherrschaft der systematischen Lehrbücher wurde in den achtziger Jahren von einigen erfolgreichen, methodisch angelegten Lehrbüchern jäh durchbrochen. Seitdem wogt der Kampf. Zeitweise schienen sich die Meinungen dahin zu einigen, daß für den Anfangslehrgang, für die wichtige Einführung in die Chemie, das Lehrbuch besser nach methodischen Gesichtspunkten zu gestalten sei, und daß später ein mehr systematischer Unterricht platzgreifen könne. Noch immer sind die Meinungen darüber geteilt. Der methodische Gedanke — das Streben nach dem besten Lehrverfahren, nach der besten Übermittelung des überreichen chemischen Wissensgutes an die Schüler und Schülerinnen — wird aber sicher mehr und mehr das ganze Gebiet des chemischen Unterrichts heilsam durchdringen; ähnlich wie sein Eindringen in die Unterrichtsfächer der Tier- und Pflanzenkunde eine bedeutsame Umwälzung hervorgerufen hat.

Der methodische Gedanke in seiner Abkehr von der reinen Systematik — deren umfassende Bedeutung für die chemische Wissenschaft unangetastet bleiben soll — erschöpft sich jedoch nicht in der Frage nach der besten Stoffanordnung der Lehrbücher; er leitet vielmehr zu einer Reihe

weiterer fruchtbarer Fragen hin, die bei ihrer Klärung zu bestimmt formulierten Grundsätzen führen. Es ist hier nicht möglich, diese Fragen und Grundsätze ausführlich darzulegen; die wichtigsten derselben hat Referent in seinem Vortrage „Die neuere Methodik des chemischen Schulunterrichts, insbesondere das aufbauende Lehrverfahren" in Düsseldorf gelegentlich der Tagung der Chemielehrer Rheinlands und Westfalens — einer Veranstaltung der rührigen Düsseldorfer Zweigstelle der staatlichen Hauptstelle für den naturwissenschaftlichen Unterricht — im Oktober 1921 behandeln können. Hier sollen vielmehr nur einzelne Fragen und Grundsätze herausgegriffen werden und zwar einerseits unter Heranziehung bestimmter Lehrbücher, insbesondere des neu erschienenen Lehrbuchs der Chemie von E. LÖWENHARDT (vgl. dieses Heft unter „Bücher und Schriften"), daneben auch der Elemente der Experimentalchemie von O. LUBARSCH (ds. Ztschr. 17, 124) sowie der Chemie für Lehrer aller Schulgattungen von L. WUNDER *(ds. Ztschr. 34, 238)*, andrerseits unter Berücksichtigung gewisser Veröffentlichungen, die letzthin von akademischer Seite an den chemischen Schulunterricht herangetreten sind.

Welche Stellung sollen wir, beispielsweise, im Unterricht und bei der Lehrbuchabfassung den chemischen Elementen gegenüber einnehmen? Sollen wir die Grundstoffe, weil sie uns die Wissenschaft in die Hand gegeben hat, auch im Unterricht einfach als gegeben betrachten und sie beliebig verwenden? Hier stellen wir den Grundsatz auf: die chemischen Elemente sind — mit Ausnahme der wenigen greifbaren Grundstoffe, die wie Schwefel und die Edelmetalle auch für sich, als Naturkörper, auftreten — nicht als gegeben zu betrachten. Wir erachten es vielmehr als eine Hauptaufgabe des Unterrichts, nicht nur des Anfangsunterrichts, hier genetisch zu verfahren, d. h. die Elemente, z. B. im Anfange die wichtigsten Metalle wie Blei, Eisen usw., aus natürlich vorkommenden Verbindungen, zumal aus den Schwefelerzen, durch einfach gehaltene Schülerversuche selbst ausfindig machen zu lassen, um so auf sicherem Boden den wichtigen Grundstoffbegriff, den man als die erste durchgreifende Einsicht, als die erste Erkenntnisstufe bezeichnen kann, zu erarbeiten. Der oben ausgesprochene Grundsatz ist daher noch durch den Zusatz zu ergänzen: Die chemischen Elemente werden vielmehr aus möglichst charakteristischen natürlichen Verbindungen einzeln erst gewonnen. — Hiergegen wird noch vielfach gefehlt. So tritt auch in der Unterstufe des erwähnten Lehrbuches von E. LÖWENHARDT der elementare Phosphor schon im Anfange (S. 3) ganz unvermittelt auf und wird zu einem Versuche verwendet. In anderen Lehrbüchern wird in ähnlicher Weise das Natriummetall, ohne weitere Bemerkung über seine Herkunft, zu Versuchen benutzt.

Ein weiterer Grundsatz bezieht sich auf die Einhaltung der Folgerichtigkeit. Das Gebotene soll nicht nur in sich logisch richtig sein — das ist eine Selbstverständlichkeit —, die allgemeinen Anschauungen und Gesetze, zu denen man allmählich aufsteigt, sollen sich auch in klaren Gedankengängen möglichst einwandfrei von Fall zu Fall folgerichtig auseinander entwickeln. Dieser Folgerichtigkeit wird in der erwähnten „Unterstufe" nicht genügend entsprochen: So ist z. B. der gesperrte Satz „Daß Sauerstoff die Verbrennung viel lebhafter unterhält als unveränderte Luft, erklärt sich daraus, daß die Luft außer ihm ja noch den die Verbrennung nicht unterhaltenden Stickstoff enthält" (S. 5) an dieser Stelle logisch nicht gerechtfertigt; oder wenn (S. 7) der Schluß gezogen wird „die sog. Elemente der Alten . . . sind demnach keine Elemente"; denn vom Wasser war bis dahin noch gar nicht die Rede. Oder wenn (S. 19) beim Wasser, nach Vorführung der Wasserbildung durch Brennen der Wasserstoffflamme an der Luft, also bei Gegenwart von Stickstoff, Wasserdampf usw. gesagt wird „der Versuch — eine Synthese — beweist, daß Wasser nur aus Sauerstoff und Wasserstoff besteht"; denn eine klare, den Schüler überzeugende Synthese darf nur von den beiden Elementen ausgehen.

Zu den Grundfragen der chemischen Methodik gehört ferner die Stellung des Geschichtlichen im Unterricht und im Lehrbuch. In der verhältnismäßig so spät zur Entwicklung gelangten Chemie spielt das Geschichtliche eine andere Rolle als in der Physik, die schon auf verschiedene antike Grundeinsichten theoretischer Art zurückblicken kann. Bei der anerkannten Schwierigkeit, dem Schüler das chemische Wissensgut wirklich zu eigen zu machen, ist für Unterricht und Lehrbuch die Forderung aufzustellen, daß jede wichtige, besonders jede durchgreifende Erkenntnis gleich innerhalb des Lehrganges in ihrer geschichtlichen Bedeutung gekennzeichnet wird. Es wird hierdurch der ganze Lehrgang wesentlich belebt, und es kommt ein weiterer humanistischer Einschlag in dieses Unterrichtsfach, den wir uns nicht entgehen lassen dürfen. Im übrigen stimmt Referent mit den Bestrebungen R. WINDERLICHS (*ds. Ztschr. 23, 192/293*; 27, 262) ganz überein. Im anorganischen Teil der Oberstufe des LÖWENHARDTschen Lehrbuches ist dem allen nicht genügend Rechnung getragen. Dem Namen Richters, der als erster bewußt die Mathematik auf die Chemie anwandte und den folgenschweren Begriff Stöchiometrie (der dort überhaupt nicht erwähnt ist) prägte, sind

wir nicht begegnet. Als Gay-Lassacsches Gesetz ist nur das erste, physikalische Gasgesetz mit dem Namen des Entdeckers genannt, bei dem zweiten, gerade für die Chemie so wichtigen Volumgesetz fehlt er. Ebenso fehlt beim Begriff Katalyse bzw. Katalysator der Name Berzelius', der auch bei dem Begriff Allotropie hätte genannt werden können; aber diesem Begriff, der gerade im Elementarunterricht eine wichtige Rolle zu spielen berufen ist — worauf neuerdings besonders F. KÜSPERT dankenswerterweise hingewiesen hat —, sind wir überhaupt nicht begegnet. Solche kurze Zeit- bzw. Namensangaben geben der Sache gleich ein bestimmtes Relief, sie gewähren mehr und mehr einen gewissen Einblick in den Werdegang unserer Wissenschaft. Die im Anhange der erwähnten „Oberstufe" auf etwa vier Seiten gebotene Zusammenstellung kurzer biographischer Angaben über bedeutende Forscher, der man öfters in Schullehrbüchern begegnet, ist wohl ganz nützlich, kann aber solch eindringliches Verweben des Geschichtlichen nicht ersetzen. Der organische Teil dieser „Oberstufe" ist in dieser Beziehung erheblich besser. Auch hier fehlt indessen bei der Tetraedervorstellung des Kohlenstoffatoms die historische Anknüpfung, so daß nicht zum Bewußtsein gebracht wird, um welchen fundamentalen Fortschritt es sich bei dieser Sache handelt.

Wir kommen auf die eingangs berührte Grundfrage „systematisch oder methodisch", die mit der Frage nach der Stellung des Theoretischen — ob dies der Hauptsache nach an den Anfang zu stellen sei, wonach dann mehr deduktiv verfahren werden kann, oder ob es auf induktivem Wege allmählich aufgebaut werden solle — eng zusammenhängt, zurück und wollen die genannte „Oberstufe", zunächst in ihrem anorganischen Hauptteil (S. 1/194), daraufhin betrachten. Daß hier die gesamten Theorien in mehrere, nämlich sechs gesonderte Abschnitte zerteilt sind, die dem Lehrgange an passenden Stellen eingefügt sind, entspricht einer didaktischen Forderung. Daß aber gleich im Anfang ein so umfangreicher theoretischer Abschnitt einsetzt, — in welchem I. die „Molekularlehre", (1. die Gasgesetze, 2. die Molekeln, die Avogadrosche Hypothese, 3. Bestimmung des Molargewichts von Gasen, 4. Bestimmung des Molargewichts gelöster Stoffe). II. Die Atomlehre (1. die Verbindungsgesetze, 2. das Atomgewicht). III. Die chemische Formelsprache (1. Symbole für Atom und Molekel, 2. Aufstellung der Molarformel, 3. Chemische Gleichungen). IV. Die Valenzlehre (1. Die Wertigkeit der Elemente, 2. Die Konstitution der Molekeln, 3. Das Äquivalentgewicht) behandelt werden (S. 1/26) — gibt dem Buche das Gepräge, als hätten wir es mit einem der früheren systematischen Lehrbücher zu tun, in denen eine längere theoretische „Einleitung", wie sie seit R. Arendt mit Recht in Verruf gekommen ist, vorangeht und dann erst der eigentliche mehr oder weniger systematische Lehrgang einsetzt, etwa wie in dem oben erwähnten Lehrbuch von O. Lubarsch, mit dem das in Rede stehende Lehrbuch übrigens in der weiteren Stoffanordnung gewisse gemeinsame Züge aufweist. Beiläufig sei bemerkt, daß das Lehrbuch von O. Lubarsch sich zwar in seinem Untertitel als „Ein methodischer Leitfaden" bezeichnet, daß es aber zufolge seiner ganzen Stoffanordnung nach den einzelnen Elementen der „Metalloide" und „Metalle" sich durchaus als systematisches Lehrbuch zu erkennen gibt. So werden bei Lubarsch nach der längeren „Einleitung" behandelt 1. Wasserstoff, 2. Sauerstoff (das Wasser usw.); während es hier, nach der erwähnten theoretischen Einführung heißt: Das Wasser und seine Elemente; dann folgt bei Lb.: Stickstoff und die Verbindungen des Stickstoffs; hier: die Luft und ihre Bestandteile; die Stickstoffverbindungen; dann bei Lb.: das Chlor (Steinsalz, Salzsäure usw.), Brom, Jod, Fluor; hier: das Kochsalz und seine Elemente; (wobei noch Kalium und Ammonium herangezogen werden); Chlor und die Halogene Brom, Jod, Fluor; dann bei Lb.: Schwefel (Schwefelwasserstoff, Schwefelsäure usw.) nebst Selen, Tellur; Phosphor, Arsen, Antimon; Bor, Silicium — darauf „Die Metalle"; während hier, in stärkerer Abweichung, folgen: Der Kalkstein und seine Elemente, wobei die übrigen „Erdalkalimetalle" miterledigt werden nebst dem Phosphor; dann Schwefel (und seine Verbindungen), Silicium und Bor, und danach die Schwermetalle; Wismut, Arsen, Antimon folgen erst hier und zwar beim Zinn. Wir möchten aber die obigen Koinzidenzen als zufällige betrachten und erwähnten jenes Lehrbuch hauptsächlich als den Vertreter eines bestimmten Typus von Lehrbüchern, um zu zeigen, daß die „Oberstufe" sich von einem systematischen Lehrbuch älteren Stils nicht erheblich unterscheidet, wenn auch die Abteilungsbezeichnungen Nichtmetalle und Metalle in Fortfall gekommen sind und die erstere Abteilung durch die Hinzunahme der Alkali- und Alkalierdmetalle auch wirklich durchbrochen wird. Die Unterscheidung der Schwermetalle in „Gebrauchs- und Edelmetalle" ist wohl kaum zu rechtfertigen. Das Silber ist in weitem Sinne auch ein Gebrauchsmetall, wenn auch nicht aller Volksschichten; ähnlich das Gold (Zahntechnik), noch weit mehr das in der Technik unentbehrliche Platin; irreführend ist es aber, das Radium, wenn auch seine Verwandtschaft mit dem Barium erwähnt wird, den Edelmetallen einzureihen. —

Die oben aufgezählten Abschnitte der theoretischen Einführung sowie auch die weiteren theoretischen Abschnitte sind an sich trefflich durchgearbeitet, das sei ausdrücklich anerkannt; sie bilden aber mehr eine Unterlage für das beginnende Hochschulstudium als für den elementaren Chemieunterricht der allgemein bildenden Schule. Wir müssen aber heraus aus der akademischen Lehrweise bzw. Lehrbuchabfassung und der Verführung widerstehen, uns als Hochschuldozenten im kleinen zu betrachten und in erster Linie nach wissenschaftlicher Reichhaltigkeit und Exaktheit zu streben. Unsere Aufgabe ist eine wesentlich andere, in gewisser Hinsicht sogar schwierigere als die des Hochschullehrers.

Damit kommen wir zu einem besonders wichtigen methodischen Grundsatz, dem der Anpassung des Lehrstoffes an das jugendliche Auffassungsvermögen. Er ist stark psychologischer Natur. Gegen ihn wird bisher noch am meisten gefehlt. Seine Durchführung kostet eine gewisse Überwindung. Es ist auch viel leichter wissenschaftlich glänzend zu schreiben, als den Lehrstoff schlicht und leichtverständlich zu gestalten — während es für viele noch immer so scheint, als wäre das Umgekehrte der Fall. Von hier aus ließe sich noch sehr viel sagen, sogar der Gegensatz von systematischer und methodischer Behandlung am besten klarlegen, doch müssen wir uns heute auf diese Andeutungen beschränken. Wir stehen aber nicht an, den Grundsatz von der Anpassung des Lehrstoffes an die jugendliche Psyche als den obersten von allen anzusprechen. Er sollte Hauptleitstern bei der Abfassung jedes chemischen Schullehrbuches sein.

Noch nicht befriedigend geklärt ist die Frage der richtigen methodischen Behandlung der organischen Chemie. K. SCHEID stellt in seinem „Leitfaden der Chemie“ den Weingeist an die Spitze des organischen Teiles. Das hat manches für sich. Ref. hält das Erdöl für den geeignetsten Ausgangskörper. Meist wird in den Lehrbüchern, nach systematischer Tradition, die ganze Reihe der Kohlenwasserstoffe, einschließlich Benzol usw., an den Anfang gestellt. Im Lehrbuche von RÜDORFF-KRAUSE wird dagegen, sehr verständigerweise, erst nur das Grubengas mit seinen wichtigsten Abkömmlingen behandelt. E. LÖWENHARDT gibt im organischen Teil seines Lehrbuches (S. 195/296) in 13 Abschnitten, deren erster (A.), wie in den systematischen Lehrbüchern allgemein üblich, von der „Zusammensetzung der organischen Verbindungen“ handelt, eine Übersicht über die Hauptabteilungen des Systems: B. Kohlenwasserstoffe, C. Halogenverbindungen, D. Alkohole, E. Äther, F. Die Oxydationsprodukte der Alkohole usw. Gewiß soll auch in der Schulchemie die organische Systematik in ihrem großartigen Aufbau gelegentlich etwas gekennzeichnet werden; sie darf aber doch nicht die ganze Darstellung so beherrschen, wie das hier geschieht. Die technologischen Ausführungen sind hier zweckmäßigerweise gleich mit dem übrigen, sonst sehr sorgfältig bearbeiteten Lehrgange verflochten. Im ganzen ähnelt aber auch dieser organische Teil zu sehr einem akademischen Grundriß der organischen Chemie.

Die Frage der Stellung der Mineralogie zur Chemie soll hier nicht neu aufgerollt werden. Es sei in dieser Beziehung auf die Ausführungen des Ref. in seiner Besprechung der Methodik von J. RUSKA *(ds. Ztschr. 33, 192)* verwiesen. Im LÖWENHARDTschen Lehrbuch beschränkt sich der kurze Anhang „Mineralogie“ der Hauptsache nach auf die „Allgemeine Mineralogie“, deren Wert für die Oberstufe nicht verkannt werden soll. Wir vermissen aber gerade die hierzu möglichen reizvollen Versuche, die als Schülerübungen hätten eingegliedert werden können, wie sie für das übrige Buch kennzeichnend sind. Wir vermissen ferner hinsichtlich des Krystallographischen einen Hinweis auf die so nützlichen Plastilin-Modellierübungen, wie sie J. RUSKA in seiner Methodik beschrieben hat. Die hier durchgeführte Krystallographie ist, wenn auch wissenschaftlich korrekt, so doch für die Schüler zu abstrakt. Dem, was die Mineralogie im chemischen Unterricht der Oberstufe zu besagen hat, wird weder dieser mineralogische noch der anorganische Teil des Lehrbuches gerecht. So kommt durchgängig in dem LÖWENHARDTschen Lehrbuche die akademisch-systematische Lehrweise noch zu stark zur Geltung. Wir brauchen aber Bücher, die nicht auf die eigentliche Wissenschaft, sondern auf die Psyche des Schülers eingestellt sind, die also nach Inhalt und Form das enthalten, was dem Schüler frommt, was dieser wirklich geistig verarbeiten kann, — Bücher, die das Dargebotene in einer Lehrweise bringen, daß der Schüler zu chemischem Denken erzogen wird und in den Stand gesetzt ist, die einzelnen während des Unterrichts vielleicht noch nicht ganz verständlich gewordenen Teile des Lehrganges noch einmal nachzuerleben. Nur bei solchen Büchern wird man von einem wirklichen Fortschritt der Methodik sprechen können. (Schluß folgt.)

O.

Neu erschienene Bücher und Schriften.

Das Weltgebäude im Lichte der neueren Forschung. Von Dr. W. Nernst, o. ö. Prof. a. d. Universität Berlin. Berlin, Julius Springer, 1921. 61 S. M. 12,—.

Die Kant-Laplacesche Weltbildungshypothese führte nach der bisherigen Auffassung zu dem anscheinend unentwirrbaren Ziel des Wärmetods des Weltalls infolge der völligen Zerstreuung der Energie in der Form der Wärme. W. Nernst hat nun das alte Problem auf Grund der jüngsten Erkenntnisse im Gebiete der Radioaktivität von neuem aufgenommen und eine Hypothese aufgestellt, die wenigstens die Möglichkeit einer Neubildung der Welt und einer Wiederholung ihres Ablaufs offen läßt. Das ist die Hypothese von der Reversibilität der radioaktiven Prozesse. Es wird angenommen, daß die gesamte Energie der Welt nach Verwandlung aller Materie in Energie sich schließlich als „Nullpunktsenergie“ in den Atomen des Äthers wiederfindet, daß aber im Weltraum durch gelegentliche Schwankungen des Energieinhalts des Äthers sich Atome chemischer Elemente neu bilden und auch wieder vergehen können, ohne daß derartiges in den Bereich unserer Wahrnehmung zu fallen brauche. Bezüglich der Art der Atome, die aus der Nullpunktsenergie des Äthers entstehen können, wird angenommen, daß dies vorwiegend Atome von sehr hoher Ordnungszahl, also von der Art des Urans seien. Diese zahlreich, wennschon in großen Abständen durch den Weltraum zerstreuten radioaktiven Atome werden als Bildungselemente neuer Sterne angesehen, womit dann der Kreislauf der Weltentwicklung von neuem beginnt. Diese Hypothese wird von scharfsinnigen Ausführungen des Verfassers über Temperatur des Weltraums, Lebensdauer der Fixsterne, chemische Natur der Meteoriten u. a. m. begleitet. *P.*

Aus der Welt der Wissenschaft. Vorträge und Aufsätze von W. Wien, Prof. d. Physik a. d. Univ. München. Mit 3 Fig. im Text. Leipzig, Johann Ambr. Barth, 1921, 320 S., geb. M. 60,—.

Der Verfasser ist des Glaubens, daß gerade die großen Leistungen der Physik als ein Bildungsmittel ersten Ranges gelten müssen, und daß es daher Aufgabe des Physikers sei, immer von neuem zu versuchen, weite Volkskreise in die physikalischen Gedankengänge einzuführen. Diesem Zweck dient eine Reihe der vorliegenden Vorträge, so über Elektronen, über die Gesetze der Wärmestrahlung, neuere Errungenschaften der Physik und die Entwicklung von Max Plancks Strahlungstheorie, daneben zehn Vorträge allgemeinen Inhalts, namentlich auch solche über die Beziehungen der Physik zur Erkenntnistheorie, die sich u. a. auch mit Ernst Mach auseinandersetzen. Ein Schlußvortrag behandelt die Relativitätstheorie vom Standpunkt der Physik und Erkenntnistheorie. Besonders beachtenswert sind auch kürzere Aufsätze über wissenschaftliche Persönlichkeiten, wie Röntgen, Helmholtz, M. Cantor, Poincaré, auch ein erlesenes biographisches Kleinod: die Erinnerungen an den Zoologen Th. Boveri. Dem Verfasser gebührt der Dank aller, die mit ihm der Überzeugung sind, daß der Naturwissenschaft und insbesondere der Physik ein hoher Bildungs- und Erziehungswert innewohnt. *P.*

Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaft. Eine Einführung in die moderne Naturphilosophie. Von Bernhard Bavink. Zweite vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 85 Abbildungen. XV und 423 S. Leipzig, S. Hirzel, 1921. M. 63,—, geb. M. 75,—.

Die erste im Jahre 1914 erschienene Auflage des Buches ist in dieser Zeitschrift (*27, 308*) von kundiger Seite eingehend gewürdigt und in hohem Grade anerkannt worden. Die neue Auflage ist in Anbetracht der seither erfolgten Fortschritte auf dem Gebiete der Physik, Chemie und Biologie sowie der neueren naturphilosophischen Einsichten so stark umgearbeitet worden, daß sie fast wie ein neues Buch erscheint. Aus der Physik sind namentlich die Fortschritte der Elektronenlehre und die Relativitätstheorie neu eingefügt, alle übrigen Abschnitte, wie kinetische Wärmetheorie, elektromagnetische Lichttheorie, Lichtemission und Absorption usw. angemessen ergänzt. Entsprechend sind auch die biologischen Forschungen der jüngsten Zeit lichtvoll dargestellt. Der eigentliche Wert des Buches liegt aber nicht in der Ansammlung von wissenschaftlichen Ergebnissen, sondern in der Erörterung der Hauptprobleme, auf anorganischem wie auf biologischem Gebiete. So werden die Gravitationslehre, die Einheit des physikalischen Weltbildes, Weltschöpfung und Ewigkeit der Welt und vieles andere der Betrachtung unterzogen. Auch das naturphilosophische Grenzgebiet, die Probleme der Kausalität, des Raumes und der Zeit, die Lebenserscheinungen, das Verhältnis von Kausalität und Zweckmäßigkeit, psychophysische Theorien, endlich auch die Beziehungen von Natur und Kultur und das Problem der Werte wurden vom Standpunkt des kritischen Realismus aus einer eindringenden Analyse unterzogen. Der Verfasser bekennt sich zu der Überzeugung, daß es ohne naturwissenschaftliche Grundlagen heute keine Philosophie und also auch keine Weltanschauung gibt. Von dem festen Boden der Tatsächlichkeit erhebt er

sich zu einem Idealismus der Zukunft und zu der Überzeugung, daß das Leben einen Sinn hat. Niemand, der diesen Fragen Interesse entgegenbringt — und wer täte dies nicht? — wird das Buch unbefriedigt aus der Hand legen. Die neue Auflage, die die erste in der Vertiefung in die Probleme und in klarer Stellungnahme übertrifft, sei von neuem der Beachtung empfohlen *P.*

Einsteins Relativitätstheorie. Von P. Th. WULF S. J., Prof. der Physik am Ignatius Colleg in Valkenburg. München, Verlagsanstalt Tyrolia, 1921. 2. Aufl. 88 Seiten. Geh. M. 8,50.

Eine alle wesentlichen Punkte berührende, gemeinverständliche Darstellung der R.Th.! Beide Theorien Einsteins werden besprochen, die spezielle unter Benutzung der Mathematik, die allgemeine ohne diese. Der Verfasser ist kein unbedingter Anhänger Einsteins und wendet sich in den Schlußabschnitten in kritischen Bemerkungen z. T. gegen den Urheber der Theorie. Er verschweigt nicht die noch bestehenden Mängel in der experimentellen Bestätigung, führt die anderen Lösungsmöglichkeiten an, wendet sich gegen Einsteins Stellung zum Äther, den er nicht aufgeben will, und sieht in der R.Th. eine Hypothese, für die manches spricht, die aber noch nicht endgültig gesichert erscheint. Die Hauptschwierigkeit der spez. R.Th. scheint ihm im Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit zu liegen. Auch in philosophischer Hinsicht tritt er für die schon von vielen anderen geforderte Mäßigung der Ansprüche auf, die zum Teil von Einsteins Anhängern erhoben sind. *S.*

Plancks elementares Wirkungsquantum und die Methoden zu seiner Messung. Von R. LADENBURG. 62 S. mit 12 Abb. S. Hirzel, Leipzig 1921.

Die grundlegende Bedeutung von Plancks elementarem Wirkungsquantum wird am besten durch die Tatsache beleuchtet, daß wir heute, 20 Jahre nach Plancks Entdeckung dieser Konstanten, 5 oder 6 verschiedene Methoden kennen, die ihren numerischen Wert auf etwa 2 Promille übereinstimmend zu messen erlauben. Dieses Wirkungsquantum gibt, wie es scheint, den Schlüssel zur Erforschung des Atombaus. Eine kritische Besprechung der verschiedenen Meßmethoden dieser Konstante mit einer kurzen theoretischen Herleitung und einem ausführlichen Literaturverzeichnis ist daher für alle diejenigen nützlich, die sich schnell über den Gegenstand unterrichten wollen. Diese sehr lesenswerte Arbeit ist erstmalig im Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik erschienen und liegt nun im erweiterten Abdruck vor. Gerade der experimentelle Teil wird den Lesern dieser Zeitschrift viel Anregung geben können. *A. Wenzel.*

Die Kernstruktur der Atome. Von E. RUTHERFORD. Baker-Vorlesung. Autor. Übers. v. E. Norst. Leipzig, S. Hirzel, 1921. 35 S., geh. M. 7,–.

Ausländische Zeitschriften sind oft unerreichbar und meist unerschwinglich geworden. Daher ist die Übersetzungsausgabe, zumal einer so grundlegenden wichtigen Arbeit wie der vorliegenden von Rutherford, sehr zu begrüßen. Über ihren Inhalt wurde schon kurz nach dem Original (*Proceedings of the Royal Society A. 97*) auf S. 175 des vorigen Jahrgangs berichtet. Sie gibt einen vollständigen Überblick über die Rutherfordschen Arbeiten zur Erforschung der Kernstruktur der Atome durch ihre Zertrümmerung mittelst α-Strahlen. Weite Kreise werden die günstige Gelegenheit benutzen, um diese interessanten Arbeiten zu studieren.

A. Wenzel.

Fluoreszenz und Phosphoreszenz im Lichte der neueren Atomtheorie. Von PETER PRINGSHEIM. Mit 32 Textfiguren. 200 S. Berlin, Julius Springer 1921. M. 48,—.

Eine empfindliche Lücke der physikalischen Fachliteratur wird durch die vorliegende Monographie in der ausgezeichnetsten Weise ausgefüllt. Der Verfasser behandelt die Erscheinungen der Photolumineszenz unter dem Gesichtspunkt der von LENARD entwickelten lichtelektrischen Theorie der Phosphoreszenz, die sich in ihren wesentlichsten Zügen ungezwungen an die bekannten Vorstellungen der Bohrschen Atomtheorie anschließen läßt. Abgesehen von der Einleitung, die kurz und klar über die Grundlagen der Bohrschen Theorie der Absorption und Emission von Resonanzstrahlung sowie der lichtelektrischen Phosphoreszenztheorie orientiert, zerfällt das Buch in die folgenden acht Abschnitte: Die Resonanzstrahlung; Resonanzspektra; Die Bandenfluoreszenz von Dämpfen und Gasen; Leuchtdauer und Polarisation der Fluoreszenzstrahlung von Gasen und der Einfluß magnetischer Felder; Die Fluoreszenz und Phosphoreszenz fester und flüssiger Lösungen; Die Gruppe der Erdalkaliphosphore; Linienfluoreszenz von Kristallen; Fluoreszenz organischer Verbindungen. Auf Einzelheiten kann im Rahmen dieser Besprechung nicht eingegangen werden. Die Darstellung ist äußerst anregend und berücksichtigt in dankenswerter Vollständigkeit sämtliche Resultate der überaus zahlreichen Erfahrungstatsachen, die für den Aufbau einer Theorie der Phosphoreszenz von Bedeutung sind. Im Anhang wird ein Verzeichnis der seit dem Jahre 1908 erschienenen Arbeiten über Photolumineszenz gegeben, in dem 266 Publikationen zitiert werden. Auf Anführung der älteren Arbeiten wurde verzichtet, da diese im vierten Bande des Kayserschen Handbuchs der Spektroskopie in

gleicher Vollständigkeit zusammengestellt sind. Ein Sachregister beschließt das wertvolle Büchlein, um dessen würdige Ausstattung sich der Verlag verdient gemacht hat. *Harry Schmidt.*

Atome-Elektronen-Quanten. Die Entwicklung der Molekularphysik in elementarer Darstellung. Von Dr. Alfred Klaus. Berlin, Winckelmann u. Söhne, 1921, 100 S., M. 15,—.

Eine elementare Einführung in dieses Gebiet ist deshalb so ungemein schwierig, weil dabei nicht nur auf ein breites Erfahrungsmaterial, sondern auch auf eine ganze Reihe grundlegender Begriffe und Gesetze der neueren theoretischen Physik zurückgegriffen werden muß, deren bloße Verständlichmachung schon nicht leicht ist. Der Verfasser folgt mit Recht der geschichtlichen Entwicklung. Eine ungemein große Fülle von Stoff ist auf wenigen Seiten übersichtlich zusammengedrängt. Von elementarmathematischen Ableitungen sind die der kinetischen Zustandsgleichung der Gase, behufs Berechnung der mittleren Weglängen und der Geschwindigkeiten der Moleküle geboten, dann auch die Ableitung des Maxwellschen Verteilungsgesetzes, in der Elektronenlehre die Berechnung von v und ε/μ, in der Quantenlehre wird der Versuch gemacht, an der Hand der Temperaturstrahlung den Sinn der Planckschen Theorie zu erläutern. Balmers Gesetz und die Rydbergsche Konstante werden behandelt, von Moseleys Gesetz und den Hochfrequenzspektren dagegen abgesehen. Die verdienstliche Schrift wird namentlich denen von Nutzen sein, die bei einiger Bekanntschaft mit den Elementen eine Übersicht über die neueren Forschungen gewinnen wollen. *P.*

Grundriß der neueren Atomistik. Von B. Bavink. Mit einem Anhang: Elementare Ableitung einiger wichtiger mathematischer Formulierungen. Mit 41 Abbildungen. 130 Seiten. Leipzig, S. Hirzel, 1922. M. 25,—, geb. M. 37,—.

Der Verfasser hat sich durch Verweisung einer Reihe von mathematischen Ableitungen in einen Anhang den Weg frei gemacht für eine Darstellung, die im eigentlichen Text das Mathematische fast ganz vermeidet und doch die leitenden Gedankengänge mit großer Klarheit wiedergibt. Er behandelt kurz die Entwicklung der Chemie bis Mendelejeff und Loschmidt, dann die Beweise für die wirkliche Existenz der Moleküle und Atome, dann Ionen und Elektronen, die Erscheinungen der Lichtemission und Absorption, den Bau der Atome nebst der Erklärung der Lichtemission, die Röntgenspektroskopie, endlich die sogen. Kernphysik, die mit den neuesten chemischen Problemen, der Lehre von der Isotopie, eng zusammenhängt. Der Anhang bringt u. a. auch eine Theorie der Perrinschen Suspensionenzählung, eine elementare Theorie des Zeemaneffekts, die Berechnung der elektromagnetischen Masse, Bohrs Spektraltheorie für das Wasserstoffatom. Der Verfasser unterläßt auch nicht die Stellen anzudeuten, wo die neuen Theorien noch auf Bedenken stoßen oder der Vertiefung bedürftig sind, andererseits auch die, wo sie mit der Relativitätstheorie in Beziehung treten. Neben der Freude über das Errungene ist der Ausblick in die Zukunftsproblematik von besonderem Reiz. Auch eine größere Zahl von Abbildungen trägt zur Belebung der Darstellung bei, die selbst den nicht mathematisch Geschulten Genuß und Belehrung gewähren wird. Zu der Frage, wie weit die neuesten Errungenschaften in den Unterricht hineingezogen werden können, liefert die kleine Schrift einen schätzenswerten Beitrag. *P.*

Energie-Umwandlungen in Flüssigkeiten. Von Dónét Bánki, Masch.-Ingenieur u. o. Prof. an der technischen Hochschule in Budapest. I. Band: Einleitung in die Konstruktionslehre der Wasserkraftmaschinen, Kompressoren, Dampfturbinen und Aeroplane. Mit 591 Textabbild. und 9 Tafeln. Berlin, Julius Springer, 1921. 511 S., geb. M. 135,—.

Die ungarische Ausgabe des umfangreichen Werkes hat seit 1916 bereits zwei Auflagen erlebt. Es stützt sich großenteils auf deutsche Forschungen und bezweckt in vorliegendem Bande die gemeinschaftlichen Grundlagen für die Behandlung aller in Betracht kommenden Flüssigkeiten zu liefern. Die Ableitungen sind möglichst ausnahmslos auf den Energiesatz aufgebaut. Das Buch umfaßt die Energiesätze idealer Flüssigkeiten, dann die Bewegungsvorgänge in wirklichen Flüssigkeiten, hydraulische Messungen und Ergebnisse, veränderliche Flüssigkeitsbewegungen, Reaktion auf die Gefäßwände, Flüssigkeitswiderstände, Energieumwandlungen in Flüssigkeitsgemischen (Wasser-Luft, Wasser-Dampf usw.). Besonders eingehend sind die neueren aerodynamischen Forschungen behandelt. Als Einzelheit sei hervorgehoben, daß die in Lehrbüchern noch häufige Newtonsche Formel für den Stoß des fließenden Wassers und der strömenden Luft, worin das Quadrat der Geschwindigkeit vorkommt, von der Technik im Hinblick auf die sich abspielenden hydrodynamischen Vorgänge gänzlich abgelehnt wird. So ist der Winddruck auf eine quadratische Platte nach Eiffels Versuchen nur 0,56 der nach der Stoßtheorie berechneten. *P.*

Lehr- und Aufgabenbuch der Physik für Maschinenbau- und Gewerbeschulen sowie für verwandte technische Lehranstalten und zum Selbstunterricht von Wiegner-Stephan. 2. ver-

besserte Aufl. 3 Bände, Bd. 1, 229 S. M. 34,70, Bd. 2, 180 S. M. 29,40, Bd. 3, 210 S. M. 34.70. (Preisänderung vorbehalten.) Leipzig, Teubner 1920/21.

Seinem Zweck entsprechend geht dies Unterrichtswerk nicht auf die Herausarbeitung eines Gesamtbildes der Pysik aus. Wer aber ein Buch sucht, das zu den physikalischen Tatsachen ihre Verwendbarkeit in der Technik hinzufügt, wird sehr viel Anregungen daraus schöpfen können. Jeder Paragraph bringt zu Anfang eine Zusammenstellung der physikalischen Gesetze in quantitativer Formulierung; der Nachdruck aber liegt überall auf dem reichen und wertvollen Aufgabenmaterial, das jedesmal durch ausführlich behandelte Musterbeispiele eingeleitet wird und mitten in die Technik hineinführt. Die Stoffauswahl ist ebenfalls unter dem Gesichtspunkt der Technik getroffen. So werden Mechanik, Wärme und Elektrizität sehr ausführlich behandelt, während Optik, Akustik und Wellenlehre auf wenige Seiten beschränkt sind. Die reichhaltigen Bände sind dem angehenden Techniker, Elektromonteur oder Installateur auch zum Selbstunterricht sehr zu empfehlen und können dem Lehrer an höheren Schulen besonders durch ihr Aufgabenmaterial gute Dienste leisten.

W. Schmiedeberg.

Aufgaben aus der technischen Mechanik für den Schul- und Selbstunterricht von N. Schmitt. I. Bewegungslehre, Statik und Festigkeitslehre. [Aus Natur und Geisteswelt. 558. Bd.] 2. Auflage, 124 S. kart. M. 10,—, geb. M. 15,—. (Preisänderung vorbehalten). Leipzig, B. G. Teubner 1921.

Das Bändchen, das jetzt in zweiter, wesentlich veränderter Auflage erscheint, ist wohl in erster Linie für technische Fachschulen bestimmt, doch findet auch der Lehrer an höheren Schulen in bequemer Form manche Aufgabe, die er zur Belebung des Mathematik- oder Physikunterrichts verwenden kann. Er wird es besonders begrüßen, daß das Bändchen unter Kürzung in den einleitenden Teilen durch einen dritten Abschnitt mit zahlreichen Aufgaben aus der Festigkeitslehre bereichert worden ist. Im ganzen ist die Zahl der Aufgaben mit Lösungen von 156 aus der ersten Auflage auf 240 in der neuen Auflage gestiegen. *W. Schmiedeberg.*

Die neuere Entwicklung der Funkentelegraphie, ein Siegeszug der Vakuumröhre. Von Dr. H. Wigge. 2. Auflg. 71 S. M. 8,— + 20%. Verlag der „Ingenieur-Zeitung", Cöthen-Anstalt.

Wie die zahlreichen Aufsätze, auch in dieser Zeitschrift, beweisen, liegt ein starkes Bedürfnis nach einer guten Einführung in die physikalischen Vorgänge und die Anwendungen der Vakuumröhren vor. Diese Lücke füllt das Buch von Wigge in glücklicher Weise aus. Es liegt nach kurzer Zeit bereits in 2. Auflage vor; es zeigt dadurch, daß es vorzüglich durch die einfache, klare Form der Darstellung verbunden mit einem tieferen Eingehen auf die physikalischen Fragen zahlreiche Leser gefunden hat. Zunächst werden die physikalischen Vorgänge in den Röhren eingehend untersucht, und dann die Anwendungen der Röhren gut verständlich entwickelt. Zahlreiche Schaltschemata und einige Abbildungen und vor allem ein bis auf den heutigen Standpunkt fortgeführtes Literaturverzeichnis ergänzen den Text. Ferner wird u. a. die technische Herstellung der Röhren, ihre Verwendung in drahtlosen Stationen, die Rahmenantenne, der Schreibempfang und ausführlich die drahtlose Telephonie besprochen. Seinen Zweck, Verständnis und Interesse für die neuere Entwicklung der Funkentelegraphie in weite Kreise zu tragen, erfüllt das Buch, und der Referent kann es nur auf das beste empfehlen.

Trotzdem sollen einige Wünsche für eine neue Auflage nicht unterdrückt werden: Einige Figuren, ebenso die Bilder, könnten schärfer im Druck sein. An den Batterien sind + und — Zeichen bei manchen Figuren erwünscht, die Indizes wie V_a sind nicht immer genügend klein oder tief gedruckt und die Formeln sind unklar im Druck. Doch sind dies nur geringfügige Mängel, die zum Teil durch die schwierigen Druck- und Papierverhältnisse ihre Erklärung finden. *Keutel.*

Theoretische Chemie vom Standpunkte der Avogadroschen Regel und der Thermodynamik von Dr. Walther Nernst, o. ö. Professor und Direktor des Instituts für physikalische Chemie an der Universität in Berlin. Achte bis zehnte Auflage. Mit 58 in den Text gedruckten Abbildungen. Stuttgart, Ferd. Enke. 1921. XVI + 896 S. Mk. 141,—.

Im Jahre 1913 war die letzte Auflage des „Nernst" erschienen; seitdem sind unsere Kenntnisse vom Aufbau der Atome, der Krystalle, der Kolloide, und sind, vor allem auf Grund des von Nernst selbst aufgestellten „dritten Wärmesatzes", unsere thermodynamischen Kenntnisse erweitert und geklärt worden. Wir blicken weit tiefer ins Innere der Natur, wir sehen klarer die Zusammenhänge zwischen dem Feinaufbau der Atome und den mannigfaltigen chemischen Eigenschaften der Moleküle. Die physikalische Chemie ist im letzten Jahrzehnt wieder viel physikalischer geworden.

So erwarteten alle, die den „Nernst" als sicheren Führer durch das Chaos der Einzelerscheinungen zu benutzen gewöhnt waren, mit Spannung die neue Auflage. Äußerlich ist das Buch um 7 1/2 Bogen gewachsen; tatsächlich ist der Zuwachs größer, da sehr viel Apparatives

(mit Recht) fortgelassen worden ist, dafür aber alle wichtigen neuen Forschungen, mit sicherem Blick gesichtet, organisch in den Text hineinverwebt worden sind. Mitunter ist Nernst gegenüber den Hypothesen der jüngeren Fachgenossen über den Feinaufbau der Atome und den aus diesen Anschauungen gezogenen Folgerungen recht kritisch und vorsichtig, an einzelnen Stellen polemisch. Aber eine genaue Durchsicht (bei der Ausarbeitung von Vorlesungen, dem härtesten Prüfstein für ein Lehrbuch!) zeigt, daß tatsächlich nichts Wesentliches fortgelassen worden ist, auch aus Gebieten, die weniger ergiebig geworden sind. Besonders sei erwähnt, daß Nernst die Hypothesen des Inders Ghosh, die die alte crux interpretum, das Verhalten der starken Elektrolyte, zu erklären suchen, im großen und ganzen annimmt. Es war die partie honteuse der elektrolytischen Dissoziationstheorie, die bis auf diesen Punkt von Sieg zu Sieg geschritten war. Die noch wenig bekannte Zustandsgleichung der Gase, die Wohl aufgestellt hat, wird eingehend gewürdigt. Die Einteilung des Stoffes ist die alte geblieben, vermehrt aber ist jedes einzelne Kapitel. Jedes weitere Wort über das Buch erübrigt sich.

W. Roth, Braunschweig.

Einführung in die physikalische Chemie von James Walker, Prof. der Chemie an der Universität Edinburgh. Dritte vermehrte Auflage, nach der achten Auflage des Originals übersetzt und herausgegeben von Dr. H. v. Steinwehr, Professor und Mitglied der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu Charlottenburg. Mit 65 Abbildungen. Braunschweig, Fr. Vieweg & Sohn. 1921. VIII + 494 S. Geh. M. 68,—, geb. M. 80,—.

Wer sich aus irgend einem Grunde scheute, den „Nernst“ zu kaufen, und sich in die Ostwald sche Diktion nicht recht hineinfand, konnte sich manche, aber bei weitem nicht alle Abschnitte der physikalischen Chemie aus dem „Walker v. Steinwehr“ gut aneignen. Die früheren Auflagen des Buches aber vernachlässigten manche grundlegenden Kapitel sehr; so war in der ersten (1904) von elektromotorischen Kräften überhaupt nicht die Rede!

Inzwischen ist das englische Original vollständiger geworden, und der Herausgeber fügt von sich aus sehr wichtiges hinzu, so z. B. einige einfache thermodynamische Ableitungen.

Was gebracht wird, ist außerordentlich klar und rationell dargestellt; gar manches aber scheint dem Referenten noch zu fehlen. Immerhin ist das Buch als Einführung in das von vielen ohne Grund gefürchtete Gebiet sehr zu empfehlen. Ein gutes und kurzes deutsches Lehrbuch der physikalischen Chemie fehlt uns zur Zeit noch.

W. Roth, Braunschweig.

Lehrbuch der qualitativen Analyse von Prof. Dr. A. Gutbier, Vorstand des Laboratoriums für anorganische Chemie und anorganische Technologie der Technischen Hochschule Stuttgart. (Wittwers Technische Hilfsbücher Band 3). Mit 35 Abbildungen. Stuttgart, Konrad Wittwer. 1921. XVI + 592 S. Geb. M. 60,—.

Das aus einer langen Unterrichtstätigkeit herausgewachsene Buch ist eine vorzügliche Bereicherung unserer Lehrbuchliteratur. Es ist streng auf der Grundlage der elektrolytischen Dissoziationstheorie aufgebaut; diese wird in einem — etwas kurz geratenen — Abschnitt rekapituliert; daneben wird Gutbiers neues Arbeitsgebiet, die anorganische Kolloidchemie, ausgiebig herangezogeu, desgleichen die Wernerschen Theorien. Auf die oft vernachlässigten Vorproben wird großer Wert gelegt; selbst ein erfahrener Analytiker wird da hübsches Neues finden. Alles was gebracht wird, ist erprobt.

Während bei den (zuerst behandelten) Metallen auch recht seltene berücksichtigt werden (z. B. Rubidium und Caesium, ohne indessen die hübsche Methode zum Nachweis von Aluminium als Caesiumalaun zu bringen!), könnte bei den Nichtmetallen der Rahmen noch ein wenig weiter gezogen werden. Einige Löslichkeitsangaben würde der Referent noch ein wenig exakter, nämlich mit Temperaturangabe, die bei schwerlöslichen Salzen unerläßlich ist, wünschen. Von diesen Kleinigkeiten abgesehen, kann man das Buch für alle Zwecke wärmstens empfehlen.

W. Roth, Braunschweig.

Die Methoden der Organischen Chemie. (Weyls Methoden.) Unter Mitwirkung von (39 namhaft gemachten) Fachgenossen herausgegeben von Prof. Dr. J. Houben, Berlin. I. Bd.: Allgemeiner Teil. 2. völlig umgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 2 Tafeln und 730 Abb. Leipzig, 1921, Georg Thieme. XXVI und 1121 S. M. 210,—, Geb. M. 225,—.

Das umfassende Werk ist eine Neuausgabe der vergriffenen „Methoden“ von Prof. Weyl, die zu einem wesentlichen Teile vom jetzigen Herausgeber mitverfaßt waren. Der vorliegende „Allgemeine Teil“, an welchem außer dem Herausgeber Prof. Houben noch 23 namhafte Autoren mitgearbeitet haben, ist ein abgeschlossenes Ganzes, ein praktisches Arbeitswerk allerersten Ranges von einer geradezu bewundernswerten Gründlichkeit und Vielseitigkeit. Beginnend mit der „Organischen Elementaranalyse“ (bearbeitet von H. Simonis), der die „Vereinfachte Elementaranalyse“ (M. Dennstedt), die „Organische Mikroelementaranalyse“ (J. Dubsky) u. a. angeschlossen sind, behandelt der Band weiter die gasvolumetrischen, maßanalytischen, kolorimetrischen Methoden, die Kapillaranalyse sowie alle

grundlegenden Operationen, vom Erhitzen, Abkühlen (mittels Kühlmittel usw. an bis hin zum Krystallisieren, Destillieren und Sublimieren, dann die verschiedenen Bestimmungsmethoden für den Schmelzpunkt, Siedepunkt usw., alles bis ins kleinste mustergültig ausgearbeitet und noch durch weitestgehende Literaturnachweise bereichert; besonders hervorgehoben seien noch die „Krystallographischen Methoden" (von P. v. Groth), sowie die Abschnitte „Calorimetrie organischer Verbindungen", „Reaktionswärmen" (von dem Mitarbeiter dieser Ztschr. Prof. W. A. Roth). Für den Chemielehrer ist der Band eine unerschöpfliche Fundgrube, besonders hinsichtlich experimenteller Einzelheiten, die auch für die praktischen Schülerübungen und den Schulversuch ganz allgemein verwertet werden können. Der Preis ist bei dem Umfang des Werkes, bei der glänzenden Ausstattung und der Fülle des Gebotenen relativ durchaus niedrig zu nennen. Das hervorragende Buch wird sich in Kürze den weitesten Leserkreis erobern. Mindestens den Anstaltsbibliotheken ist seine Anschaffung dringend zu empfehlen.

O. Ohmann.

Einführung in die organische Chemie. Von O. Diels, Prof. a. d. Univ. Kiel. 3. Aufl. Mit 34 Abb. Leipzig, J. J. Weber 1920. XII u. 327 S.

Das Buch wurde in der zweiten Auflage, um den Chemiestudierenden noch mehr gerecht zu werden, erheblich erweitert und ausgestaltet und erscheint jetzt in der schnell nötig gewordenen dritten Auflage nur wenig verändert. Die Darstellung hält sich frei von einer bloßen Aufzählung von Tatsachen, sie sucht vielmehr die einzelnen Verbindungsgruppen möglichst miteinander zu verknüpfen und für viele Reaktionen den inneren Grund erklärend anzugeben. Das Buch sei als eine außerordentlich klar und anziehend geschriebene Einführung in das Riesenreich der Kohlenstoffverbindungen von neuem empfohlen. *O. Ohmann.*

Einführung in die organische Chemie auf elementarer Grundlage. Von Prof. Dr. F. Mayer, Frankfurt a. M. Leipzig 1921. Quelle & Meyer. 109 S. Geb. M. 12,—.

Das Buch ist anscheinend aus einer Vorlesung entstanden, bei der Versuche überhaupt nicht vorgeführt wurden, da es über das Ergebnis dieser Vorlesung im Vorworte heißt, daß die Schwierigkeiten des Verständnisses der organischen Chemie auch ohne die Anschauung und den Versuch leicht überwunden werden können. Im Interesse echter realer Belehrung muß man einen solchen Weg bedauern. Gerade die Chemie läßt sich nicht wortmäßig lernen, vielmehr muß auch in Büchern die Anschauung durch Abbildungen von Apparaten u. dergl. sowie durch verschiedene Versuchsbeschreibungen unterstützt werden. Im übrigen bietet das Buch eine gute Übersicht über die Hauptklassen der organischen Verbindungen, wobei besonders das Stereochemische gut herausgearbeitet ist. *O.*

Lehrbuch der Chemie für höhere Schulen. I. Unterstufe. Von E. Löwenhardt. Mit 91 Fig. Leipzig, B. G. Teubner 1921. 114 S. M. 12,75 (M. 5,80 + 120% T.-Z.)

II. Oberstufe. Von E. Löwenhardt und O. Prölss, mit einem Anhang: Mineralogie, von K. Schulz. Mit 131 Fig. Leipzig-Berlin, B. G. Teubner 1921. 342 S. M. 29 (13,20 + 120%).

I Die vorliegende Unterstufe benutzt — wie das seit Wilbrand vielfach üblich ist —, einzelne natürliche und künstliche Körper, wie die Luft, das Wasser, die Salzsäure usw. als Ausgangspunkte der Betrachtung. Mit der Art, wie dies durchgeführt wird, kann sich Ref. nicht ganz einverstanden erklären. Daß die Luft den Anfang bildet, soll nicht gerade besonders beanstandet werden, da das leider noch beinahe allgemeiner althergebrachter Brauch ist. Die logische Kraft, die in der Luftuntersuchung steckt, kommt jedoch nicht genügend zur Geltung; sie kann es nicht, da der Elementbegriff noch nicht entwickelt ist. Auch im übrigen hätten wir den ganzen Lehrgang hinsichtlich der Folgerichtigkeit zwingender gewünscht, worauf an anderer Stelle (ds. Heft, *Ber. 4*) näher eingegangen ist. Der Versuch reines Knallgas im wenn auch kleinen Zylinder zu entzünden, ist vom Standpunkt der Unfallverhütung nicht zu billigen. Die genügende Vorsicht ist auch nicht gewahrt bei der Darstellung von Sauerstoff zur Füllung eines Gasometers; das Erhitzen von bloßem chlorsauren Kali hat schon öfters zu einer Explosion geführt. Geradezu bedenklich ist aber der (sogar gesperrte) Satz „Phosphorsäure ist völlig ungiftig und wird als Erfrischungsmittel (Limonade) gebraucht" (S. 68). Daß es sich bei der medizinischen Verwendung um ganz geringprozentige Mixturen bzw. Lösungen handelt, wird nirgends gesagt, vielmehr muß man nach dem vorangehenden und folgenden Satze denken, es handle sich um die wirkliche, im Laboratorium gebräuchliche starke Lösung, so daß daraufhin leicht ein Schüler in Versuchung kommen kann, zuviel davon zu sich zu nehmen. — Nicht zutreffend ist ferner, daß „erst Lavoisier mittels der Wage die bei der Verbrennung eintretende Gewichtszunahme" feststellte; dies tat u. a. bereits Jean Rey (dessen Versuche Lavoisier bekannt waren) mit einwandfreier Klarheit. — Für methodisch nicht gerechtfertigt halten wir auch den Gebrauch von Formeln und einzelnen Gleichungen, ohne daß der Begriff des Verbindungsgewichtes entwickelt

ist; um zur Formel des Wassers und der Salzsäure zu gelangen, werden bereits die schwierigen Volumversuche ausgeführt, einmal die ominöse „Elektrolyse des Wassers“ (und zwar mit Hilfe von Natronlauge, die hier vorweggenommen wird, während etwas später, S. 27, von „angesäuertem Wasser“ bei demselben Versuche gesprochen wird), dann aber die heikle Synthese von Knallgas bei 100°. Dieser Volumversuch ist hier entschieden verfrüht.

Es wurden hier die Beanstandungen vorangestellt; sie erfolgten etwas ausführlicher, weil man der Arbeit eines Verfassers gegenüber, der sich vielfach um die chemische Methodik verdient gemacht hat, bei Meinungverschiedenheit eine genauere Begründung schuldig ist. Abgesehen hiervon weist das Buch auch anerkennenswerte Vorzüge auf. Namentlich ist zu loben, daß die Schülerübungen in den ganzen Lehrgang verflochten sind. Auch enthält es manche treffliche Ausführungen über Mineralogisches, Geologisches und Technisches. Nur mußte zum Ausdruck gebracht werden, daß das Buch trotz dieser Vorzüge den strengeren methodischen Anforderungen, die Ref. an ein neues, gerade zur ersten Einführung in die Chemie bestimmtes Lehrbuch stellen zu müssen glaubt, nicht zu genügen vermag.

II. Der erste Eindruck, den man nach Durchsicht der Oberstufe von dieser erhält, geht dahin, daß sie an sich wohl eine gediegene Arbeit darstellt, daß sie aber sowohl im anorganischen wie im organischen Teil ein Zuviel bietet, und dieses zu sehr in fachwissenschaftlichem Gewande; letzteres gilt auch von dem Anhange: Mineralogie. Es ist nicht möglich, daß der Schüler in den wenigen Jahren der Oberstufe, in denen so vieles Neue auf ihn eindringt, sich in eine so weitgehend wissenschaftlich spezialisierte und vor allem so stark verdichtete Darstellung, wie sie hier vorliegt, mit Erfolg hineinlebt. Lobend hervorzuheben ist auch hier die Einflechtung von Schülerübungen, insbesondere auch, daß der Ionentheorie die ihr für den Schulunterricht zukommende Bedeutung beigemessen wird. Im anorganischen, von O. Prölss verfaßten Teile bilden die „Einzeldarstellungen aus dem Gebiete der chemischen Technologie“ einen nützlichen Lesestoff, stehen aber mit dem übrigen Lehrgange in zu losem Zusammenhange. Beim „Ammonium“ vermissen wir den lehrreichen Versuch über Ammonamalgam; gerade im Elementarunterricht ist die höchst sonderbare Analogie der einwertigen Atomgruppe NH_4 mit den Alkalimetallen durch irgend etwas Anschauliches dem Verständnis näher zu bringen. Ebenso vermissen wir beim periodischen System die Triaden Döbereiners als historische Vorstufe. Das Wort Gas stammt nicht vom holländischen „gäschten“, vielmehr leitete es van Helmont von Chaos ab. Bei der genauen Quellenangabe der von anderwärts entnommenen Abbildungen konnte auch im Abschnitt der Sprengstoffe (S. 118) bei den beiden „Zersetzungsbildern“, die Ref. in dieser Ztschr. (30, 236 Fig. 1 u. Fig. 4) gegeben hatte, der Ursprung erwähnt werden, zumal ihnen im Text durch Fettdruck des Wortes Gewicht beigelegt wird; wenn auch neue kleinere Klischees angefertigt wurden, so bleibt doch zu beachten, daß in diesen Bildern mehr Arbeit und geistiges Eigentum steckt als in manchen der üblichen Abbildungen. Die Versinnlichung der Molekelräume von H, O und H_2O durch Rechtecke halten wir für verfehlt, abgesehen davon, daß die Größenverhältnisse unrichtig sind (S. 13); hier waren die mustergültigen Quadrate bzw. Doppelquadrate des großen Hochschulmethodikers A. W. v. Hofmann zu verwenden.

In anderem Zusammenhange gehen wir noch näher auf die ganze Arbeit ein (dieses Heft, *Ber. 4*). *O. Ohmann.*

Einführung in die Chemie in leichtfaßlicher Form. Von Prof. Dr. Lassar-Cohn. 6. verbesserte Aufl. Mit 60 Abb. Leipzig, L. Voß, 1921. 307 S. Geb. M. 27,—.

Das Buch war hier bereits Gegenstand eingehenderer Besprechung. In der vorliegenden Auflage sind in einem kurzen Anhang einige leichtverständliche Angaben zu den neueren Forschungsergebnissen gemacht. Leider sind zum großen Teil die Figurenklischees fast ganz abgebraucht, so daß der Anschein erweckt wird, als wären pneumatische Wannen und Fußzylinder mit Tinte statt mit Wasser gefüllt. Es muß genügen, auf das Erscheinen der neuen Auflage hinzuweisen. *O.*

Jahrbuch der angewandten Naturwissenschaften 1919—1920. 31. Jahrgang. Unter Mitwirkung von Fachmännern herausgegeben von Dr. Joseph Plassmann. Mit 147 Bildern auf 20 Tafeln und im Text. XVI u. 394 S. Freiburg i. Br., Herder, 1921. Geb. M. 40,— und Zuschläge.

Durch die Mannigfaltigkeit seines Inhalts bei geschickter Auswahl und gut verständlicher Darstellung hat dies Werk sich in weiten Kreisen Freunde erworben. Es umfaßt nicht blos Technik im weitesten Sinne, sondern auch Berg- und Hüttenwesen, Forst- und Landwirtschaft, Gartenbau, Anthropologie, Medizin, Luftfahrt und Wetterkunde, Erdkunde. Einer der gelungensten und reichhaltigsten ist der Abschnitt über chemische Technologie, den K. Scheid verfaßt hat. Besondere Beigaben sind die Himmelserscheinungen im Jahre 1921, ferner Aufsätze über das Eigenheim, über moderne Liebhaberphotographie, Landmaschinenbau und Zahnheilkunde, sowie ein

Anhang über die wichtigsten Maßeinheiten in außerdeutschen Ländern. Die 23 phototypischen Tafeln sind von großer Schönheit. *P.*

Der verdienstvolle Herausgeber schließt mit diesem Bande seine redaktionelle Tätigkeit ab.

Amtliches Verzeichnis der Deutschen Lehrfilme. Herausgegeben von der Reichsfilmstelle. 149 S. Berlin 1921. C. Flemming u. C. T. Wiskott. M. 10,60.

Das Verzeichnis, das durch Nachträge ergänzt werden soll, gibt die Titel und meist auch kurze Angaben über den Inhalt, sowie die Länge von mehr als 2000 Filmen an, die aus 27 angegebenen Quellen stammen. Dieses Verzeichnis, bei dem Vollständigkeit das Ziel war, führt natürlich auch Filme auf, die in ganz unnützer Weise leicht ausführbare Experimente darstellen, z. B. mehrere Filme über die einfachsten Versuche aus der Reibungselektrizität. Solche Verirrungen kamen ja auch bei der Einführung des Projektionsapparates in die Schule vor und müssen überwunden werden. Im experimentellen Unterricht wird der Film niemals eine Rolle spielen, dagegen werden einige technische Filme besonders in Fachschulen zur Ergänzung recht wohl zu brauchen sein.

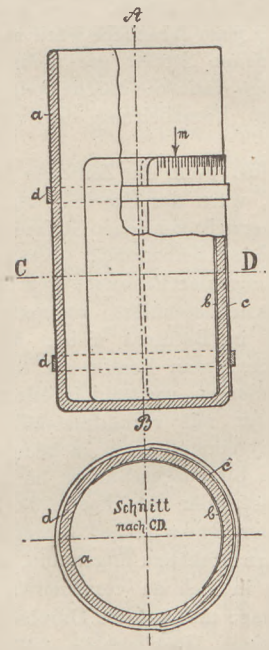
Das Verzeichnis ist durch arge orthographische Fehler und falsche Einordnung mancher Filme (z. B. Glühstrümpfe in Elektrotechnik) entstellt. Sein Wert für die Schule besteht zum guten Teil darin, daß seine Durchsicht einer Warnung vor Überschätzung des Kinematographen als normales Unterrichtsmittel gleichkommt.

W. Vn.

Mitteilungen aus Werkstätten.

Die Wommelsdorfsche Verstärkungsflasche. Von der Berliner Elektros-Gesellschaft m. b. H., Berlin-Schöneberg, Mühlenstr. 10.

Die in der Technik gebräuchlichen Kondensatoren mit verstellbaren Platten, deren Kapazität sich in weiten Grenzen verändern lassen, sind in



der Fabrikation so teuer, daß für viele Zwecke, z. B. elektrostatische oder Lehrzwecke zumeist von der Anschaffung Abstand genommen werden muß.

Die Berliner Elektros-Ges. bringt nun einen von Wommelsdorf angegebenen Kondensator in den Handel, der sich trotz weitgehender Regulierbarkeit billig herstellen läßt. Das wesentliche bei ihm ist, daß auf die Becher- oder Flaschenform der Kleistschen Flasche zurückgegriffen, jedoch eine der beiden leitenden Flächen gegen die andere verschiebbar angebracht ist.

In der Konstruktionszeichnung (s. beistehende Figur) ist die becherförmige Glaswandung mit *a*, die innere leitende Fläche mit *b*, die äußere mit *c* bezeichnet. Die innere Fläche *b* besteht aus Stanniol und ist fest an die Wandung geklebt, die äußere *c* dagegen ist drehbar. Beide bedecken — im Schnitt betrachtet — etwa nur die Hälfte der Wandung *a*.

Die äußere leitende Fläche *c* wird bei dieser Ausführungsform gehalten durch zwei die Wandung *a* (eventl. nur teilweise) umfassende federnde Organe *d*, die mit Vorteil aus isolierendem Material bestehen, um die Kapazität nicht zu beeinflussen. Sie drücken die Fläche *c* gegen die Wandung von *a*, ohne die Verschiebbarkeit zu verhindern.

Die Fläche *c* kann aus dünnem Blech bestehen. In vielen Fällen, z. B. bei Influenz- und Kondensatormaschinen, empfiehlt es sich, das äußere Feld aus einem kräftigen Halbleiter oder Isolator wie Karton, Preßpappe, Hartpapier oder dergl. herzustellen und auf dessen Innenseite das kleiner gehaltene Metallfeld aus Stanniol zu kleben, so daß die scharfen Metallkanten vor Ausstrahlung gesichert sind. Andernfalls würden sie von der in der Nähe befindlichen Scheibenfläche und leitenden Maschinenteilen die hochgespannte Elektrizität absaugen und dadurch die Gesamtleistung verringern.

Am oberen Rande des äußeren drehbaren Feldes ist eine Skala angebracht, durch die vermittels einer feststehenden Marke *m* (s. Fig.) die jeweilige Stellung bzw. Kapazität kenntlich ge-

macht wird. Die Skala wird vorteilhaft in elektrostatischen Maßeinheiten bzw. nach cm Kapazität geeicht. —

Die Vorteile der neuen Flaschen sind in vielen Fällen geradezu überraschend. An einer mit ihnen ausgerüsteten Influenzmaschine läßt sich beispielsweise die Natur der Entladung vollständig, und zwar vom zartesten Büschellicht bis zu den laut knallenden Funken der maximalen Kapazität ganz allmählich verändern. Für Versuche mit Hochfrequenzen, Funkentelegraphie, Teslaströmen usw. hat die Flasche infolge ihrer Abstimmbarkeit natürlich ganz besonderen Wert.

Von Wommelsdorf wurden ferner auch abstimmbare Flaschenbatterien angegeben. Sie beruhen auf der Kombination einer variablen mit normalen Flaschen, die mittels Schalter einzeln abgeschaltet werden können. Auf diese Weise ist es möglich, die Gesamtkapazität gleichmäßig von (fast) Null bis zum Maximum zu verändern. Der Preis der Wommelsdorfschen Flasche beträgt je nach Größe M. 40,— bis M. 120,—.

Dr. H. Henning.

Korrespondenz.

Moderne Atomistik im Unterricht? Im 6. Heft des vorigen Jahrgangs dieser Zeitschrift haben Herr BAVINK (S. 241) und Herr NITZ (S. 281) die Frage nach einer Berücksichtigung der neueren Forschungen, insbesondere auf dem Gebiete der Atomistik, aufgeworfen; sie empfehlen — Herr NITZ in nicht ganz so erheblichem Umfange wie Herr BAVINK — Ionen- und Elektronentheorie, das Gebiet der radioaktiven Strahlung und der Röntgenstrahlung einschließlich der Forschungen über Kristallstruktur —, das Rutherfordsche Atommodell und die Planck-Bohrsche Spektraltheorie zur Eingliederung in den Unterricht. Ob dieses ungemein reichhaltige Programm auf der höheren Schule durchführbar ist und ob die Behandlung jener Stoffe für die physikalische Ausbildung der Schüler den erhofften Nutzen bringen würde, erscheint mir außerordentlich zweifelhaft und, wie ich vielleicht noch hinzufügen darf, nicht nur mir, sondern auch den an derselben Anstalt unterrichtenden Kollegen, die gleichfalls seine Durchführung aus den im folgenden angedeuteten Gründen für unmöglich halten.

Zunächst würde man zur Bewältigung jener Stoffülle Zeit brauchen, sehr viel Zeit, und müßte, wie das auch in den erwähnten Aufsätzen betont wird, den gewöhnlich durchgenommenen Stoff stark kürzen. Eine starke Beschränkung des Unterrichtsstoffes zugunsten einer gründlichen Durcharbeitung wird aber, auch ohne daß gleichzeitig die Forderung nach Aufnahme neuen Stoffes erhoben würde, seit Jahrzehnten von den tüchtigsten Vertretern der Schulphysik immer wieder verlangt, und ist, wie jetzt wohl ziemlich allgemein zugegeben wird, dringend nötig. Von dem verminderten Lehrstoff aber müßte nun noch ein erheblicher Teil gestrichen werden, um jenen zur Berücksichtigung empfohlenen Stoffen Einlaß zu verschaffen. Ich bezweifle die Möglichkeit solcher weiteren Kürzung und meine, man würde dann Gefahr laufen, manche zum Verständnis der neuen Stoffe nötigen Begriffe fortlassen zu müssen oder doch nur oberflächlich behandeln zu können. Auf keinen Fall aber würden wohl die in den angeführten Aufsätzen vorgeschlagenen Abstriche genügen, zumal z. B. die zur Streichung empfohlene Bestimmung von Schwerpunkten und Trägheitsmomenten doch wohl meist der Mathematik zugewiesen wird; andrerseits möchte ich die Mayersche Berechnung des mechanischen Wärmeäquivalents als ganz ausgezeichnete Übung im physikalischen Denken keinesfalls missen. Aber auch bei Ausführung aller jener Abstriche wäre m. E. an eine Aufnahme neuen Stoffes gar nicht zu denken, höchstens läge dann die Möglichkeit einer etwas gründlicheren Verarbeitung des verbleibenden Stoffes vor.

Und selbst wenn die Zeitfrage befriedigend gelöst wäre, wäre der Gewinn, den der physikalische Unterricht von jenen Stoffen zu erwarten hat, wirklich so bedeutend? Kann vor allem die Behandlung der Probleme dem Verständnis des Durchschnittsschülers angepaßt werden? Wenn man in Betracht zieht, mit welchen Schwierigkeiten man bereits zu kämpfen hat, um die Schüler zu verständnisvollem, selbständigen Arbeiten mit verhältnismäßig einfachen Begriffen und Vorstellungen zu bringen, so muß man es wohl für ausgeschlossen halten, daß ein Durchschnittsschüler der Theorie der kolloidalen Lösungen, der Brownschen Bewegungen oder des Zeemaneffekts zu folgen und, was nötiger, diese Dinge in sich zu verarbeiten, geistig zu erleben vermag; und auf den Durchschnitt, nicht auf physikalisch Hochbegabte soll doch wohl der Unterricht zugeschnitten sein. Noch erleichtert kein Königsweg das Eindringen in jene Gebiete, nur als schwacher, für wissenschaftlichen Unterricht gar nicht in Betracht kommender Ersatz können die populären Darstellungen gelten, die anscheinend mühelos mit den Ergebnissen der neuesten Forschungen vertraut machen, die

sich aber dafür auch an manchen Stellen auf eine bloße Mitteilung der Ergebnisse beschränken müssen, ohne die zu ihnen führenden Wege beschreiten zu können. Gerade diese Wege aber sind für den physikalischen Unterricht das Wichtigste; zwar braucht man sie nicht schrittweise zu verfolgen, muß sie aber doch in experimenteller und mathematischer Beziehung so klar legen können, daß ein lückenloser Zusammenhang von der Problemstellung bis zu den Forschungsergebnissen zutage tritt. Das ist m. E. in der Schule für fast alle jene Gebiete heute noch unmöglich, man wird sich daher mit gelegentlichen Hinweisen auf jene Forschungen begnügen und — wie so oft im Schulunterricht — damit zufrieden sein müssen, Interesse wach zu rufen. Die Befürchtung, daß die Schüler, wenn ihr Interesse an jenen physikalischen Tagesfragen nicht befriedigt wird, über den Unterricht zur „Tagesordnung" übergehen werden, wie Herr Bavink meint, braucht man wohl kaum zu hegen, da doch noch genügend andere fesselnde Probleme dem physikalischen Unterricht zur Verfügung stehen, vor allem die Probleme der Technik, die sich als besonders starke Reizmittel erweisen. Bei 16—18jährigen jungen Menschen ist im allgemeinen das Interesse an rein theoretischen Studien noch gar nicht besonders stark entwickelt, während regste Anteilnahme und Verständnis für praktisch-technische Dinge vorhanden ist und für die Physik ausgenutzt werden kann.

Mit alledem soll nun nicht etwa gesagt sein, daß alle Gebiete der neueren Forschung den Schülern verschlossen bleiben müssen: die Ionentheorie hat im chemischen Unterricht mit gutem Recht seit langem Eingang und Verwendung gefunden; gegen eine Darstellung der Grundzüge der kinetischen Gastheorie und der Elektronentheorie wäre bei genügender Zeit kaum etwas einzuwenden, falls eine dem Verständnis der Schüler angepaßte Darstellung gefunden werden könnte; eine solche Darstellung gibt es meines Wissens noch nicht. Spektroskopie, Quantenlehre und Atommodelle mögen Sonderkursen und Vorträgen in naturwissenschaftlichen Schülervereinen vorbehalten bleiben. Als Grundsatz für den Klassenunterricht aber möchte ich die Worte wiederholen, die Bohnert 1908 auf der Hauptversammlung des Förderungsvereins gesprochen hat (abgedruckt in den Unterrichtsblättern, Band XIV, 1908, S. 117): „Seinen Zweck hat der Unterricht erfüllt, wenn am Schlusse desselben der Schüler die Schule hungrig nach weiterem Wissen verläßt; er hat ihn verfehlt, wenn der Zögling, übersättigt von der Fülle halbverdauten Wissens, oder aufgeblasen durch den Besitz eines in Worte gekleideten Scheinwissens, sich von der forschenden Naturbetrachtung abwendet."

E. Mosch, Charlottenburg.

Zu dem Bericht über **stereoskopisches Sehen ohne Betrachtungsapparat** von K. Gentil (*d. Ztschr. 1921, Heft 6, S. 271*) sendet Herr Oberstudiendirektor Dr. Böhmländer in Nürnberg nachstehende Ergänzung:

„Der Ungeübte kann auch ohne Apparat — falls man einen Bleistift nicht als solchen betrachtet — den Eindruck des Körperlichen durch Schielen erreichen, wenn er die Spitze seines Bleistiftes in etwa halber Entfernung zwischen Auge und Doppelblatt hält, also dahin, wo nach Figur 2 Seite 271 das Deckbild erscheint.

Sodann überprüft er, ob er mit dem linken Auge die Bleistiftspitze über der Mitte des Teilbildes rechts und umgekehrt mit dem rechten Auge die Spitze über der Mitte des linken Teilbildes erblickt. Betrachtet er nun mit beiden Augen zugleich die Spitze, so wird für ihn an der gleichen Stelle die stereoskopische Wirkung auftreten.

Bei dieser Art des Sehens lassen sich dann auch beispielsweise die einzelnen Kanten des in der Vorstellung entstandenen Körpers mit dem Bleistifte nachfahren, man kann sie mit dem Maßstabe messen, ein entsprechendes Modell kann mit dem körperlichen Bilde zur Deckung gebracht werden und anderes mehr — was bisher deswegen nicht möglich war, weil die früheren Deckbilder nicht wie hier vor, sondern hinter dem stereoskopischen Doppelbilde auftraten." —

Hingewiesen sei auch auf den Aufsatz von W. Kisse, Eine einfache Versuchsanordnung zum räumlichen Sehen 32, 128 (1919). *P.*

Aufnahme funkentelegraphischer Wellen. Zu der Mitteilung von R. Danneberg sendet Herr R. Heise in Dalheim-Rödgen (Rhld.), Kolleg St. Ludwig folgende Ergänzungen:

„Das Zeitsignal von Nauen wird nicht mehr mit der gedämpften Welle (3900 m) gegeben, sondern m. W. mit ungedämpften Wellen, die aber mit dem Kontaktdetektor nicht hörbar sind.

„Das immer noch mit gedämpfter Welle (2500 m) gegebene also auch mit dem Detektor hörbare Zeitsignal des Eiffelturms erfolgt nicht mehr von $10^h 56^m - 11^h$, sondern von $10^h 26^m - 10^h 30^m$, und zwar genau nach dem im Nautischen Jahrbuch (Berlin, E. Heymann) angegebenen Schema. Ein weiteres Zeitsignal folgt um $11^h 44^m$. Alle 3 Sek. kommt als Ankündigung m (—), genau um $11^h 45^m$ ein Punktzeichen, um $11^h 46^m$ alle 4 Sek. als Ankündigung d (— . .); genau $11^h 47^m$ das Punktzeichen. Von $11^h 48^m$ wird alle 5 Sek. als Ankündigung — . . . . gegeben, genau $11^h 49^m$ das Punktzeichen." —

Himmelserscheinungen im Mai und Juni 1922.

12h = Mittag, 0h und 24h = Mitternacht. (Berliner Zeit = MEZ − 0,1h).

MEZ 0h		Mai 5	10	15	20	25	30	Juni 4	9	14	19	24	29
☿	AR	3h 31m	4.11	4.46	5.16	5.40	5.56	6.3	6.2	5.55	5.43	5.33	5.27
	D	20°	23	25	25	25	25	24	22	21	20	19	19
♀	AR	4h 11m	4.37	5.3	5.29	5.56	6.23	6.49	7.15	7.41	8.7	8.32	8.56
	D	22°	23	24	24	25	25	25	24	23	22	21	19
☉	AR	2h 45m	3.4	3.24	3.44	4.4	4.24	4.44	5.5	5.26	5.46	6.7	6.28
	D	15,9°	17,3	18,6	19,8	20,8	21,6	22,3	22,8	23,2	23,4	23,4	23,3
♂	AR	17h 39m	17.39	17.38	17.35	17.31	17.26	17.20	17.13	17.6	16.58	16.52	16.46
	D	− 24°	− 24	− 25	− 25	− 25	− 25	− 26	− 26	− 26	− 26	− 26	− 26
♃	AR		12h 39m		12.37		12.36		12.35		12.36		12.38
	D		− 3°		− 2		− 2		− 2		− 2		− 3
♄	AR				12h 8m				12.7				12.9
	D				+ 2°				2				2

Δ = Sternzeit − mittl. ☉ Zeit für Stargard; Zeitgl. = mittl. ☉ Zeit − wahre Sonnenzeit.

Δ	2h 48m 10s	3. − 7.53	3. 27.36	3. 47.18	4. 7.1	4. 26.44	4. 46.27	5. 6.10	5. 25.52	5. 45.35	6. 5.18	6. 25.1
Zeitgl.	− 3m 18s	− 3.40	− 3.49	− 3.43	− 3.22	− 2.49	− 2.6	− 1.13	− 0.14	+ 0.50	− 1.55	− 2 59

Breite von Berlin. Je 5. Aufgang und folgender Untergang des oberen ☉-Randes. **Ortszeit.**

☉ Aufg.	4h 22m	4.14	4.5	3.57	3.51	3.46	3.41	3.38	3.36	3.36	3.37	3.39
☉ Unterg.	19h 33m	19.40	19.48	19.56	20.3	20.9	20.15	20.21	20.24	20.26	20.27	20.27

Breite von Berlin. Je 5. Aufgang und folgender Untergang des oberen ☾-Randes. **Ortszeit.**

Mai	☾ Aufgang	5d 0h 10m	10. 6.42	15.11.36	20.13.52	25.16. 5	30.20.45
	☾ Untergang	5d 14h 6m	10.16.38	15.20.54	21. 2. 8	26. 7.34	31.11.40
Juni	☾ Aufgang	5d 3h 6m	10. 8.45	15.11.34	20.13.31	25.17.21	30.23.38
	☾ Untergang	5d 14h 4m	10.17.39	15.22.50	21. 4.13	26. 9. 2	31.11.39

Mondphasen MEZ	Neumond	Erstes Viertel	Vollmond	Letztes Viertel
		Mai 4d 13h 56m	Mai 11. 7. 6	Mai 18.19.17
	Mai 26d 19h 4m	Juni 2. 19. 10	Juni 9.16.58	Juni 17.13. 3
	Juni 25d 5h 20m	Juli 1. 23. 52		

Der **Mond** tritt zu folgenden Zeiten (MEZ) in die abgerundeten **Sternbilder** des **Tierkreises:**

Sternbild	W	S	Z	K	L	J	Wg	Sp	Sz	Sb	Ws	Fs	
Länge	25°	55°	85°	115°	145°	175°	205°	235°	265°	295°	325°	355°	
Mai			. 1,1	3,2	5,4	7,5	9,6	11,7	13,9	16,2	18,6	21,2	Mai
Mai	23,7d	26,1d	28,3	30,5	. 1,6	3,7	5,9	8,0	10,2	12,6	15,0	17,5	Juni
Juni	20,0d	22,4	24,7	26,8	28,9	. 1,0							Juli

Tägliches **Erscheinen** und **Verschwinden** der Planeten. **Ortszeit.** Breite von Berlin.

Tag	☿ Abendstern nachm.	Tag	♀ Abendstern nachm.	♂ (Sp) nachm.	♂ (Sp) vorm.	♃ (Jungfrau) nachm.	♃ (Jungfrau) vorm.	♄ (Jungfrau) nachm.	♄ (Jungfrau) vorm. nachm.
Mai 5	8,8h	Apr. 30	Da 8,2h U 9,3	A 11,4	Dm 3,1	Da 8,6	Dm 3,3	Da 8,8	Dm 3,1v
10	Da 9,0 U 9,4	Mai 20	Da 8,8h U 10,2	A 10,2	Dm 2,3	Da 9,4	Dm 2,5	Da 9,6	Dm 2,3v
20	Da 9,4 U 10,2	Juni 9	Da 9,3h U 10,6	Da 10,2	Dm 1,8	Da 9,8	U 1,3	Da 10,2	Dm 1,2v
30	Da 9,6 U 10,0	29	Da 9,4h U 10,4	Da 10,3	U 1,8	Da 10,1	U 0,0	Da 10,3	Dm 11,9n
Juni 4	9,7h								

A = Aufgang, U = Untergang, Da = Abenddämm., Dm = Morgendämm.

Verfinsterungen der Jupiter-Monde (MEZ). Nachmittags-Stunden. E = Eintritt in den Schatten. A = Austritt.

Mai 6, 9h 47m A I — Juni 21, 10.12m A I
Mai 29, 9h 59m A I — Juni 25; 10.56 A II

Sommers-Anfang Juni 22, 6h MEZ. *M. Koppe.*

Nachdruck nur mit Quellenangabe und mit Genehmigung der Verlagshandlung gestattet.

Verlag von Julius Springer in Berlin W. — Druck der Univ.-Druckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.